UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC, CANADA

DÉPARTEMENT DE MINES ET MÉTALLURGIE

L'INFLUENCE DE DIVERSES VARIABLES, DONT LA PRIME AU RENDEMENT, SUR LA PRODUCTIVITE MINIERE SOUTERRAINE AU QUEBEC

RAPPORT FINAL

TITRE: L'INFLUENCE DE DIVERSES VARIABLES, DONT LA PRIME AU RENDEMENT, SUR LA PRODUCTIVITE MINIERE SOUTERRAINE AU QUEBEC

RAPPORT FINAL

PAR

MARCEL LAFLAMME

ET

JEAN-LUC COLLINS

DEPARTEMENT DE MINES ET METALLURGIE

UNIVERSITE LAVAL

LES TRAVAUX RELATIFS AU PRESENT PROJET ONT ETE EXECUTES SOUS L'EGIDE DU MINISTERE DE L'ENERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES DU CANADA, DU CENTRE DE RECHERCHES MINERALES DU QUEBEC ET DE L'ASSOCIATION MINIERE DU QUEBEC INC.

NUMERO DU DOSSIER DU MAS: 03SQ.23440-7-9182
NUMERO DE SERIE DU MAS: 23440-7-9182/01-SQ
NUMERO DE PROJET - EMR: UP-A7-007
NUMEROS DE PROJET - UL: 36-10-8209 ET 36-10-2889
NUMERO DE PROJET - C.R.M.-S.T.M. 86117
DELEGUE SCIENTIFIQUE - EMR: DR NOEL R. BILLETTE, ING.
DELEGUE SCIENTIFIQUE - CRM: LOUIS MARCOUX, ING.
DIRECTEUR GENERAL - AMQ: DR CLAUDE DROUIN, ING.

DATE: 30 MARS 1990

273 pp

MICROMEDIA

90-05642/3

SOMMAIRE EXECUTIF

Le présent rapport porte sur la relation potentielle entre la productivité minière et la prime au rendement dans sept mines souterraines du Québec.

Les principales conclusions considérées comme potentiellement valables pour l'ensemble de l'industrie minière du Québec sont, dans l'ordre:

1. Les mineurs qui obtiennent le plus de prime au rendement sont généralement ceux qui sont les plus productifs, les plus habiles et les mieux organisés dans leurs cédules de travail.

2. Un trop grand nombre de mineurs affectés simultanément à un même chantier diminue la productivité en termes de tonnes de minerai cassé par homme-poste.

3. L'utilisation de plates-formes de forage réduit l'efficacité de forage d'environ 50%. L'utilisation de ces plates-formes, essentielles pour la réalisation du travail, doit être considérée lors des évaluations économiques de la production en chantiers.

4. Le boulonnage est fait de façon systématique plutôt que sur une base qui tient compte des conditions réelles de terrain.

5. La formation et l'expérience des mineurs sont des facteurs très importants de productivité en termes de tonnes de minerai cassé par homme-poste.

6. L'octroi de la prime au rendement permet aux sociétés minières d'obtenir une production relativement constante dans le temps. Cependant, les mineurs visent des standards qui sont rarement surpassés.

7. Il est possible de créer des modèles d'optimisation dans le but de minimiser les coûts par tonne de minerai cassé en combinant l'analyse de régression multiple, la programmation mathématique et un ensemble de contraintes réalistes provenant des opérations minières.

Suite aux résultats et aux observations contenues dans ce rapport, il ressort que la liste de recommandations suivante soit appropriée:

a) Il faudrait prévoir l'établissement d'un guide d'utilisation des courbes d'apprentissage afin d'aider l'industrie minière à mieux évaluer dans le temps l'évolution de chaque chantier.

b) Il faudrait déterminer s'il existe une relation entre l'absentéisme et le nombre d'accidents afin d'améliorer, s'il y a lieu, la sécurité ainsi que la productivité des mineurs.

c) Il faudrait lire et appliquer les recommandations contenues dans le Guide d'Utilisation du Boulonnage afin de tenir compte davantage des conditions réelles du terrain.

d) Il faudrait évaluer l'influence de la déviation des trous de forage sur la productivité et sur la sécurité des mineurs au travail.

e) Il faudrait utiliser de façon routinière l'outil de travail qu'est l'analyse de régression multiple afin de mieux planifier les opérations et décroître le coût par tonne de minerai cassé.

f) Il faudrait standardiser le plus possible les données sur les opérations ainsi que les données sur les performances des pièces d'équipements afin de faciliter les comparaisons avec des standards bien établis.

g) Il faudrait établir des classes de formation continue, dans le but d'accroître la productivité ainsi que la sécurité des mineurs au travail.

EXECUTIVE SUMMARY

This report deals with the potential link between productivity and bonus in seven underground mines located in the Province of Quebec.

The main conclusions of this report are the following:

1. The miners who are getting the most bonus are those who are the most productive and the best organized in their schedule of work.

2. Too many miners in the some stope at the same time lower productivity in terms of tons of broken ore per man-shift.

3. Drilling platforms decrease drilling efficiency by about 50%. However their utilization is necessary and must be considered in the economic evaluations.

4. Rockbolting is done in a systematic way rather than being performed in a manner that reflects real ground conditions.

5. Experience and training of the miners are very important productivity factors.

6. Bonus allocation helps to keep productivity relatively constant in time. However, miners try to reach certain standards that are rarely surpassed.

7. Optimisation models can minimize costs per ton of broken ore. This is achieved by combining together multiple regression analysis, mathematical programming and a set of realistic constraints based on actual mine conditions.

Based on the results and the observations contained in this report, the following recommendations are appropriate:

a) A Learning Curve Guide should be set up in order to help the mining industry to better evaluate the evolution in time of each stope.

b) A study should establish if there exists a lirk between absenteism and the number of accidents in order to increase safety and productivity of the miners.

c) Recommendations from the Guide d'Utilisation du Boulonnage should be put in practice by the mining industry.

d) The influencee on productivity of drillhole deviation and its impact on safety should be investigated and quantified.

e) Data collection on productivity and performance indicators of pieces of equipment should be standardized in the mining industry.

f) Continuous training classes should be set up for the miners.

TABLE DES MATIERES

Page

INTRODUCTION 1

1.0 PRESENTATION GENERALE DES 7 MINES 4

1.1 Mine A 4
1.2 Mine B 6
1.3 Mine C 8
1.4 Mine D 10
1.5 Mine E 11
1.6 Mine F 14
1.7 Mine G 16

2.0 LISTE DES VARIABLES ANALYSEES 18

2.1 Mine A

2.1.1 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981 18

2.2 Mine B

2.2.1 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981 20

2.3 Mine C

2.3.1 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour la période de juillet 1982 à décembre 1984 21

2.4 Mine D

2.4.1 Données d'information mensuelles concernant les contrats de travail pour les années 1980-1981 23

2.4.2 Données d'information journalières concernant les compilations hebdomadaires de production pour 1980-1981 23

2.4.3 Données d'information mensuelles concernant l'utilisation des explosifs pour le sautage de chantier en 1980 et 1981 24

2.4.4 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981 25

2.5 Mine E

2.5.1 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981..... 26

2.5.2 Données d'information mensuelles concernant les travailleurs affectés aux chantiers de production pour les années 1980-1981..... 27

2.6 Mine F

2.6.1 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de forage des trous profonds pour les années 1986-1987..... 28

2.6.2 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de forage des galeries pour les années 1986-1987..... 28

2.6.3 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de déblayage pour les années 1986-1987.....30

2.6.4 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de chargement et de sautage pour les années 1986-1987..... 30

2.6.5 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de production pour les années 1986-1987.....31

2.6.6 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de boisage pour les années 1986-1987..... 31

2.6.7 Données d'information bimensuelles concernant les travailleurs affectés aux divers contrats pour les années 1986-1987..... 31

2.7 Mine G

2.7.1 Données d'information mensuelles concernant les divers postes de travail pour les années 1980-1981..... 32

2.7.2 Données d'information mensuelles concernant les travailleurs affectés aux divers postes de travail pour les années 1980-1981 33

2.7.3 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981..... 33

3.0 ANALYSES PORTANT SUR 2 OU 3 VARIABLES A LA FOIS

3.1 Mine A

3.1.1 Tonnes par homme-poste vs nombre de mineurs 36

3.1.2 Forage de production par homme-poste vs nombre de mineurs 38

3.1.3 Tonnes cassées vs nombre de pieds de forage de production 39

3.1.4 Tonnes cassées vs nombre de livres d'explosifs 40

3.1.5 Livres d'explosifs vs nombre de pieds de forage de production..... 41

3.1.6 Pieds de forage de production vs nombre d'hommes-postes réels de forage de production.....42

3.1.7 Tonnes cassées vs nombre d'hommes-postes réels de forage de production..... 44

3.1.8 Nombre de boulons installés vs nombre d'hommes-postes.....45

3.1.9 Nombre de boulons installés vs nombre de tonnes par homme-poste..... 46

3.1.10 Forage de production par homme-poste vs type de foreuse 47

3.1.11 Forage de production par homme-poste de forage vs type de foreuse 48

3.1.12 Tonnes par homme-poste vs la qualité du terrain 50

3.1.13 Nombre de boulons installés par tonne vs qualité du terrain 50

3.1.14 Tonnes par homme-poste vs largeur du chantier.....51

3.1.15 Tonnes par homme-poste vs âge du chantier.. 53

3.1.16 Tonnes par homme-poste vs prime au rendement.....53

3.1.17 Nombre de boulons installés vs prime au rendement.....54

3.2 Mine B

3.2.1 Nombre d'hommes-postes vs nombre de mineurs 56

3.2.2 Forage de production par homme-poste vs période mensuelle 57

3.2.3 Forage de production par homme-poste vs nombre de boulons installés 57

3.2.4 Nombre de pieds de forage de production vs nombre d'hommes-postes..... 58

3.2.5 Forage de production par homme-poste vs nombre de pieds de sous-galerie (sous-niveau) 58

3.2.6 Forage de production par homme-poste vs nombre de boulons installés 59

3.2.7 Nombre de boulons installés vs nombre de pieds de sous-galerie (sous-niveau) 59

3.2.8 Forage de production par homme-poste vs distance au puits 60

3.2.9 Nombre de boulons installés vs nombre d'hommes-postes.....60

3.2.10 Boni par pied de forage de production vs période mensuelle..... 61

3.2.11 Prime au rendement vs nombre de pieds de forage de production..... 61

3.2.12 Boni par pied de forage de production vs nombre de pieds de forage de production par homme-poste.....62

3.2.13 Boni par pied de sous-niveau vs pieds de sous-niveau par homme-poste..... 63

3.3 Mine C

3.3.1 Quantité d'explosifs vs nombre de mètres de forage 64

3.3.2 Nombre de tonnes cassées vs nombre de mètres de forage 64

3.3.3 Rapport stérile/minerai vs profondeur des chantiers 65

3.3.4 Tonnes cassées par boulon vs méthode d'abattage 66

3.3.5 Tonnes cassées par mètre de forage vs méthode d'abattage 67

3.3.6 Rapport forage/explosif vs méthode d'abattage.....68

3.3.7 Rapport stérile/minerai vs méthode d'abattage..... 69

3.3.8 Dollars par tonne cassée vs méthode d'abattage..... 69

3.3.9 Tonnes cassées par boulon vs largeur des chantiers 70

3.3.10 Tonnes cassées par mètre de forage vs largeur des chantiers 71

3.3.11 Rapport forage/explosif vs largeur des chantiers 71

3.3.12 Rapport stérile/minerai vs largeur des chantiers 72

3.3.13 Dollars par tonne cassée vs largeur des chantiers 72

3.3.14 Evolution de certains facteurs dans le temps.....73

3.3.15 Evolution de certains facteurs en fonction de l'âge des chantiers 74

3.4 Mine D

3.4.1 Résultats portant sur l'ensemble de la mine sur une base mensuelle 77

3.4.1.1 Nombre de tonnes cassées vs période mensuelle du relevé 77

3.4.1.2 Nombre de tonnes préforées vs période mensuelle du relevé..... 78

3.4.1.3 Nombre de tonnes cassées au début vs période mensuelle du relevé 78

3.4.1.4 Nombre de livres d'explosifs par tonne cassée vs période mensuelle du relevé. 79

3.4.1.5 Coût d'explosifs par tonne vs période mensuelle du relevé 80

3.4.1.6 Pourcentage d'explosifs vs coût d'explosifs par tonne 80

3.4.1.7 Pourcentage d'explosifs vs période mensuelle du relevé 81

3.4.1.8 Nombre de tonnes cassées vs coût d'explosifs par tonne 82

3.4.1.9 Nombre de tonnes soutirées vs nombre de godets 83

3.4.2 Résultats portant sur chacun des types de travaux généraux..... 85

3.4.2.1 Boni par homme-poste total vs période du relevé 86

3.4.2.2 Boni par homme-poste total vs nombre de mineurs 87

3.4.2.3 Evolution de divers facteurs dans le temps pour les feuilles de contrat de type 1..... 88

3.4.2.4 Evolution de divers facteurs dans le temps pour les feuilles de contrat de type 4..... 89

3.5 Mine E

3.5.1 Tonnes cassées par homme-poste vs méthode d'abattage.....92

3.5.2 Pieds de forage de production par homme-poste vs méthode d'abattage..... 93

3.5.3 Tonnes cassées par pied de forage de production vs méthode d'abattage..... 93

3.5.4 Nombre de boulons installés par tonne cassée vs méthode d'abattage..... 94

3.5.5 Boni par tonne cassée vs méthode d'abattage 95

3.5.6 Evolution de diverses variables en fonction de la période mensuelle du relevé..... 95

3.5.7 Nombre de tonnes cassées vs nombre d'hommes-postes.....105

3.5.8 Nombre de tonnes cassées vs nombre de pieds de forage de production 106

3.5.9 Nombre de tonnes cassées par homme-poste vs nombre de mineurs.....107

3.5.10 Nombre de pieds de forage de production par homme-poste vs nombre de mineurs.....109

3.5.11 Prime au rendement vs nombre d'hommes-postes.....109

3.5.12 Prime au rendement vs nombre de pieds de forage de production.....110

3.5.13 Prime au rendement vs nombre de tonnes cassées.....110

3.5.14 Boni par tonne cassée vs nombre de tonnes par homme-poste.....111

3.5.15 Nombre total de boulons installés vs nombre d'hommes-postes.....112

3.5.16 Prime au rendement vs nombre de boulons installés.....112

3.5.17 Tonnes cassées par homme-poste vs âge des chantiers.....113

3.5.18 Tonnes cassées par homme-poste vs largeur des chantiers.....114

3.5.19 Tonnes cassées par pied de forage de production vs largeur des chantiers.....115

3.5.20 Tonnes cassées par homme-poste vs longueur des chantiers.....116

3.5.21 Tonnes cassées par homme-poste vs distance au puits.....117

3.5.22 Boni par tonne cassée vs âge des chantiers.117

3.6 Mine F

3.6.1 Fichier des travailleurs individuels.....119

3.6.1.1 Boni par poste vs période du relevé...119

3.6.1.2 Prime au rendement vs nombre de postes travaillés.....121

3.6.1.3 Boni par poste vs expérience à la mine des travailleurs.....122

3.6.1.4 Boni par poste vs expérience totale des travailleurs.....122

3.6.1.5 Boni par poste vs âge des travailleurs.....123

3.6.2 Fichier des travailleurs regroupés.....123

3.6.2.1 Type de contrat 1 (Forage des trous profonds).....124

3.6.2.2 Type de contrat 2 (Forage des galeries et monteries).....125

3.6.2.3 Type de contrat 3 (Déblayage).....127

3.6.2.4 Type de contrat 4 (Chargement et sautage).....128

3.6.2.5 Type de contrat 5 (Production).....128

3.6.2.6 Type de contrat 6 (Boisage).....129

3.7 Mine G

3.7.1 Evolution de divers facteurs dans le temps.130

3.7.2 Nombre d'heures totales travaillées vs prime au rendement.....135

3.7.3 Tonnes par homme-poste vs nombre de mineurs.....135

3.7.4 Tonnes par homme-poste vs boni par homme-poste.....136

3.7.5 Nombre de boulons standards vs nombre de boulons avec grillage.....136

3.7.6 Nombre de trous (standards et jumbo) vs longueur totale forée.....137

3.7.7 Boni par poste vs expérience et âge des travailleurs.....137

4.0 ANALYSES DE REGRESSION MULTIPLE

4.1 Définition.....140

4.2 Sélection des variables à l'intérieur d'un modèle ...143

4.3 Résultats fournis par le logiciel REGRESSION 146

5.0 RESULTATS DES ANALYSES DE REGRESSION MULTIPLE

5.1 Mine A

5.1.1 Variable dépendante: nombre de tonnes cassées par période 148

5.1.1.1 Abattage par chambres et piliers 148

5.1.1.2 Abattage par chambres remblayées 151

5.1.1.3 Abattage par chambres magasins 154

5.1.1.4 Discussion concernant les modèles d'estimation de la production.....156

5.1.2 Variable dépendante: prime au rendement versée par période 158

5.1.2.1 Abattage par chambres et piliers 158

5.1.2.2 Abattage par chambres remblayées 160

5.1.2.3 Abattage par chambres magasins 162

5.1.2.4 Discussion concernant les modèles d'estimation de la prime au rendement.163

5.2 Mine B

5.2.1 Variable dépendante: nombre de pieds de forage de production par période 165

5.2.2 Variable dépendante: prime au rendement versée par période 168

5.3 Mine C

5.3.1 Variable dépendante: nombre de tonnes cassées.....171

5.3.2 Autres variables dépendantes.....174

5.4 Mine D

5.4.1 Variable dépendante: nombre de tonnes cassées.....174

5.4.2 Variable dépendante: prime au rendement....177

5.4.2.1 Feuilles de contrat de type 1 178

5.4.2.2 Feuilles de contrat de type 2 180

5.4.2.3 Feuilles de contrat de type 3 182

5.4.2.4 Feuilles de contrat de type 4 183

5.4.2.5 Feuilles de contrat de type 5 185

5.5 Mine E

5.5.1 Variable dépendante : nombre de tonnes cassées par période.....186

5.5.1.1 Abattage par chambres remblayées.....187

5.5.1.2 Abattage par chambres magasins.....189

5.5.1.3 Récupération de piliers.....192

5.5.1.4 Discussion concernant les modèles d'estimation de la production.....193

5.5.2 Variable dépendante : prime au rendement versée par période.....194

5.5.2.1 Abattage par chambres remblayées.....194

5.5.2.2 Abattage par chambres magasins.....197

5.5.2.3 Récupération de piliers.....200

5.5.2.4 Discussion concernant les modèles d'estimation de la prime au rendement.201

5.6 Mine F

5.6.1 Contrats de type 1: Forage des trous profonds 203

5.6.2 Contrats de type 2: Forage de galeries et monteries.....205

5.6.3 Contrats de type 3: Déblayage.....209

5.6.4 Contrats de type 4: Chargement et sautage..211

5.6.5 Contrats de type 5: Production (déblayage).....212

5.6.6 Contrats de type 6: Boisage.....214

5.7 Mine G

5.7.1 Variable dépendante: nombre de tonnes cassées.....215

5.7.2 Variable dépendante: prime au rendement ...217

5.7.3 Variable dépendante:nombre de tonnes soutirées.....217

6.0 LA REMUNERATION AU RENDEMENT DANS LES MINES PARTICIPANTES

6.1 Les systèmes de rémunération au rendement 220

6.1.1 Mine A.....223

6.1.2 Mine B.....224

6.1.3 Mine C.....225

6.1.4 Mine D.....226

6.1.5 Mine E.....227

6.1.6 Mine F.....229

6.1.7 Mine G.....230

6.2 Discussion sur l'octroi de la prime au rendement....231

CONCLUSION 235

RECOMMANDATIONS 247

REMERCIEMENTS 251

BIBLIOGRAPHIE 252

INTRODUCTION

Suite aux résultats des études antérieures portant sur la relation potentielle entre la prime au rendement et la sécurité des travailleurs dans l'industrie minière, il a été décidé de poursuivre le travail en mettant l'accent cette fois sur la productivité minière. Evidemment, avant de pouvoir apporter des recommandations précises d'ordre technique, il était essentiel d'analyser en détail les différents facteurs affectant les travaux de production pour chaque mine afin de tenter d'y déceler certains éléments importants.

Ce travail a pu être réalisé grâce à la collaboration exceptionnelle des gens de l'industrie minière du Québec qui ont permis l'accès à toutes leurs informations disponibles. Ce rapport final porte sur sept mines dont l'anonymat est préservé, tel que demandé de leur part, en les codifiant A à G. D'ailleurs, le premier chapitre offre une présentation générale de ces sept entreprises: méthodes d'abattage, équipements utilisés, contrôle du terrain et caractéristiques générales de l'exploitation.

La section suivante présente l'ensemble des variables qui ont été analysées à chacune des mines. Evidemment, les informations disponibles diffèrent d'une mine à l'autre, étant donné les diverses politiques internes et méthodes de travail existant à chaque endroit.

Par la suite, des analyses portant sur 2 ou 3 variables à la fois ont été réalisées pour chaque mine (figures apparaissant dans l'annexe A) afin de tenter de cerner certains comportements irréguliers qui pourraient affecter le niveau de productivité. Ces résultats portent sur diverses méthodes d'abattage du minerai, conditions de terrain, types de foreuses utilisées, etc.

Le chapitre qui suit présente la méthode d'analyse de régression multiple en termes simples. Une description statistique rigoureuse a été exclue du rapport. Cette vulgarisation a été réalisée afin de rendre cette méthode compréhensible à la plupart des gens. De plus, les diverses méthodes disponibles de sélection des variables pour la création des modèles d'estimation sont discutées. Finalement, les résultats offerts par le logiciel REGRESSION sont cités, tout en insistant sur ceux qui sont inclus dans le rapport.

La section suivante dégage les différents résultats obtenus lors des analyses de régression multiple pour les sept mines incluses dans ce rapport. Les modèles d'estimation ont été créés particulièrement pour deux variables dépendantes différentes, lorsque possible, soit:

- le nombre de tonnes de minerai cassé par période mensuelle;
- la prime au rendement versée aux mineurs.

Les résultats statistiques des modèles d'estimation obtenus sont commentés de façon générale, suivis d'une discussion portant sur

les composantes (variables) des modèles. L'utilisation de ces résultats serait possible par la création de logiciels informatiques qui contiendraient l'ensemble des modèles pour chaque mine, afin de pouvoir estimer le niveau de production ou la prime au rendement à verser aux mineurs suivant différents critères réalistes.

Le dernier chapitre porte sur le mode de rémunération des travailleurs dans les mines souterraines du Québec, soit un salaire de base complété d'une prime salariale habituellement basée sur le rendement des mineurs. La première partie du chapitre porte sur les divers modes d'attribution de ces primes salariales dans les mines participantes suivie, en seconde partie, d'une discussion sur ce mode de rémunération des travailleurs en fonction des résultats d'analyses de régression multiple.

Finalement, on retrouve une conclusion générale qui fait ressortir les principaux points soulevés au cours des travaux relatifs au présent projet, sous forme d'un tableau synthèse. Par la suite, une série de recommandations sont citées pour assurer un suivi à ce projet au sein de l'industrie minière par l'utilisation de données plus récentes dans des banques de données informatisées.

CHAPITRE I

PRESENTATION GENERALE DES 7 MINES

1.1 Mine A

La mine A, en opération depuis plusieurs années, est située en Abitibi dans la région de Val-d'Or et présente un gisement d'or de type filonien. En fait une cinquantaine de chantiers sont en production sur une base régulière dont environ trente sont filoniens (puissance inférieure à 6 pieds). L'exploitation du gisement, dont la production mensuelle est d'environ 30 000 tonnes courtes de minerai, nécessite 264 travailleurs sous terre : 121 sont affectés aux chantiers (production), 12 au développement des galeries et des monteries et 131 aux services. L'accès au gisement se fait par deux puits, le premier reliant les niveaux supérieurs à la surface (3 300 pieds de long) alors que le second, un puits interne, raccorde les niveaux inférieurs (3 200 pieds de long). Les deux puits sont espacés d'environ 100 pieds. Les galeries souterraines et les travers-bancs présentent respectivement les dimensions suivantes, soit 7,5'x 7' et 8'x 9,5'.

L'exploitation du gisement se fait principalement par trois méthodes à cette mine:

- Chantiers d'emmagasinage: ceux-ci comptent pour environ 5% de la production globale de la mine, sont de deux types et présentent les caractéristiques suivantes:

CHANTIERS / CARACTERISTIQUES	TYPE I	TYPE II
LARGEUR (pieds)	8	20
PENDAGE MOYEN (degrés)	70	80
ESPACEMENT MOYEN DES POINTS DE SOUTIRAGE (pieds)	30	35

- Chantiers d'abattage par chambres remblayées: ces chantiers servent à l'obtention d'environ 50% de la production globale de la mine. Cette méthode est particulièrement utilisée en profondeur (conditions de terrain plus difficiles) où la minéralisation montre un pendage de 70 degrés et une largeur variant entre 8 et 12 pieds. Les coupes sont prises horizontalement et le minerai cassé est raclé dans des cheminées, distantes de 100 pieds, à l'aide de racloirs de 36 pouces de largeur fonctionnant à l'air comprimé ou, dans le cas de chantiers plus larges, à l'aide d'une autochargeuse (Cavo) de 1 1/2 tonne de capacité.

- Chantiers d'abattage par chambres et piliers (filons subhorizontaux):

45% de la production globale est obtenue par cette méthode. Les filons exploités ont une largeur variant de 8 à 24 pouces et un pendage variant de 0 à 20 degrés.

Les pièces d'équipement utilisées pour les travaux d'exploitation du minerai en chantier sont des foreuses à patte réglable ("jack legs") et des foreuses à patte fixe (foreuse ascendante ou "stoper") (trous de 1 1/4 pouces de diamètre et de 8 à 10 pieds de longueur), des racloirs à air comprimé de 36 et 42 pouces de largeur et des autochargeuses (cavos) sur pneumatique de 1 1/2 tonne de capacité.

Le support du terrain se fait à l'aide de boulons de 5 et 7 pieds, de barres d'ancrage ("rebars"), de treillis (2" x 4") et de boisage (poteaux). L'utilisation de remblai hydraulique (résidus du moulin) dont 10% est cimenté pour les planchers, est rendue nécessaire dans les chantiers ouverts (chambres remblayées et parfois chambres et piliers) afin de stabiliser le terrain.

1.2 Mine B

La mine B, située en Abitibi dans la région de Matagami, présente un gisement d'or classique de type semi-filonien. L'accès au gisement se fait par un puits vertical. La production journalière

de 1000 tonnes de minerai est assurée par une équipe de 90 travailleurs oeuvrant en souterrain. Il est à noter qu'il existe un haut taux de roulement du personnel en souterrain à cette mine. La méthode d'abattage en est une par trous profonds en sous-niveaux dans un gisement présentant les caractéristiques géologiques et d'exploitation suivantes:

- largeur moyenne: 15 pieds
- longueur moyenne: 400 pieds
- pendage: 80 à 90 degrés (vertical)
- hauteur des chantiers: 300 pieds
- espacement des sous-niveaux: 45 pieds
- espacement moyen des points de soutirage: 45 pieds.

Le forage des trous profonds se fait à l'aide de foreuses pneumatiques avec des fleurets de 7/8 pouce N.R.T. et 1 1/4 pouce R.T. alors que les trépans mesurent 1 7/8 et 2 pouces et sont au carbure de tungstène.

Le sautage de ces trous profonds est assuré par deux mineurs qui chargent les trous avec du ANFO. Par la suite, le soutirage du minerai se fait à l'aide de chargeuses-navettes, d'autochargeuses (Cavo 320 E et 520) et de racloirs de 42 et 48 pouces de largeur.

Le support du terrain (soutènement) est réalisé par des boulons d'ancrage de 5 et 7 pieds, des treillis métalliques, du fer à armature de 6 et 10 pieds, ainsi que des boulons stabilisateurs à

tige ouverte de 5 pieds. Finalement, la roche stérile est utilisée pour remplir et supporter les chantiers ouverts.

1.3 Mine C

Cette mine, située en Abitibi dans la région de Val-d'Or, exploite un gisement d'or dont l'inclinaison est relativement faible et dont les dimensions sont les suivantes : largeur de quelques mètres à plus de 40 mètres et longueur d'environ 250 mètres.

Le gisement est accédé par un puits de 630 mètres de profondeur. Une rampe à 15% de pente sert également de lien entre les 6 principaux niveaux de la mine. L'exploitation souterraine de ce gisement, considéré comme étant très sec et dont la teneur se situe à 5 grammes par tonne métrique, se fait à raison de 1700 tonnes métriques par jour avec une équipe de 85 mineurs dont 30 sont affectés aux services et 54 se retrouvent à la production et au développement de la mine.

Trois méthodes d'exploitation sont utlisées à cette mine, reconnue pour son haut niveau de mécanisation :

- coupes et remblai avec chambres et piliers (40%) (15 mètres de large et coupes de 4 mètres de hauteur);
- récupération des piliers par longs trous (35%) (10 mètres de largeur);
- chantiers ouverts à longs trous avec remblai consolidé (25%).

De façon générale, l'exploitation primaire représente 60% des réserves et les piliers 40% des réserves.

Le forage de galerie s'effectue à l'aide de foreuses jumbos de type hydraulique-électrique à une ou deux flèches sur les fronts de taille. Dans le cas des forages par longs trous, on utilise une foreuse "SIMBA" hydraulique-électrique (diamètre des trous: 51 mm) ou une foreuse à marteau plongeur (diamètre des trous: 165 mm). Ces trous sont chargés d'explosif pneumatiquement. Afin de minimiser les dommages aux épontes et au toit des excavations, le sautage périmétrique est généralement utilisé.

Le chargement et le halage du minerai se fait à l'aide de chargeuses-navettes (2, 5 et 6 verges cubes) ou d'une chargeuse hydraulique-électrique à courroie et camions (26 tonnes). Dans le cas où les conditions de terrain sont hasardeuses, le chargement peut se faire avec une chargeuse-navette télécommandée.

Le soutènement est exécuté avec des élévateurs à ciseaux et une boulonneuse (boulons de 2.1 mètres). De plus, des câbles sont installés (ancrés) afin d'assurer le support du chantier au contact minerai-stérile. On retrouve également une écailleuse motorisée munie d'un marteau hydraulique.

Finalement, les chantiers sont remblayés avec un mélange de stérile, de résidus du concentrateur, de ciment et de cendres volantes, les quantités variant selon les méthodes d'extraction

(30:1 et 20:1 en général et 8:1 pour les planchers).

1.4 Mine D

La mine D, située dans le secteur Chapais - Chibougamau - Lac St-Jean, représente le second producteur mondial de pyrochlore. Son gisement, de forme annulaire quasi-circulaire, couvre une superficie d'environ 25 kilomètres carrés et possède un pendage moyen de 70 degrés. La zone actuellement en exploitation couvre une superficie de 800 mètres de longueur par 250 mètres de largeur. La production journalière obtenue avec environ 60 travailleurs en souterrain, est d'environ 3 400 tonnes courtes.

L'accès au gisement, exploité par blocs de 300 pieds de hauteur, se fait par un puits vertical de 1300 pieds et une rampe (pente de 20%), qui permet à une trentaine de véhicules diesels d'accéder aux chantiers jusqu'à 1 000 pieds de profondeur.
L'exploitation est réalisée par chantiers ouverts et piliers dont les dimensions sont les suivantes : largeur de 15 à 80 pieds et longueur de 200 pieds. Le développement d'un tel chantier se fait selon les séquences suivantes :

- ouverture de 4 galeries parallèles de 13 pieds par 13 pieds et espacées de 9 pieds au niveau supérieur des blocs à exploiter;

- ouverture d'une galerie de 21 pieds de largeur et de

points de soutirage à la base des blocs de minerai.

Le développement de ces galeries est effectué par deux foreuses jumbos de type pneumatique à flèche double et le roc est transporté par des camions de 13 tonnes. Les galeries du niveau supérieur servent à forer des gros trous de 4 1/2 pouces de diamètre suivant un patron de forage de 10 pieds par 11 pieds. L'ouverture primaire du chantier se fait par une cheminée descendante de 12 pieds par 12 pieds nécessitant 9 trous de forage de 4 1/2 pouces. Cette méthode sécuritaire sert à remplacer les monteries conventionnelles.

Le minerai cassé au cours de la production est récupéré au niveau inférieur des blocs par des chargeuses de 5 et 6 verges cubes et des camions de 26 tonnes de capacité.

1.5 Mine E

La mine E, située dans le secteur Chapais-Chibougamau-Lac-St-Jean, produit principalement du concentré de cuivre et, dans une moindre proportion, de l'or et de l'argent. La minéralisation se trouve sous forme filonienne.

L'accès au gisement se fait par trois puits principaux dont les profondeurs varient entre 1 800 et 3 300 pieds. L'exploitation nécessite l'utilisation de quatre méthodes d'abattage, vu la variété dans les dimensions, le pendage, la profondeur et la teneur

des filons minéralisés : chantiers par sous-niveaux (26%), chantiers par chambres vides (26%), chantiers par chambres magasins (27%) et chantiers par coupes et remblai (11%). La partie restante de la production de minerai provient du recouvrement des piliers (7%) et du développement minier (3%). Les caractéristiques principales pour ces types de chantiers sont les suivantes :

Chantiers: Caractéristiques	Sous-niveaux	Chambres vides	Chambres magasins	Coupes et remblai	Récupé. piliers
Puissance (m)	3 à 20	> 5	1 à 4	2 à 20	3 à 6
Longueur (m)	120	30 à 200	15 à 150	15 à 90	20
Hauteur (m)	180	200	40 à 50	40 à 55	10
Pendage (degrés)	50 à 70	50 à 70	> 50	---	---
Esp. niveaux(m)	50	200	50	---	---
Esp. sous-niv. (m)	18	---	---	---	---
Equipement	BBC 120 Cavo 320	Foreuse marteau plongeur LHD 5vg^3	Foreuse béquille Foreuse verticale Racloirs	Foreuse béquille Foreuse verticale Foreuse Jumbo Racloirs, LHD, Cavo 310	Foreuse béquille Foreuse verticale Foreuse jumbo Racloirs, LHD, Cavo 310
Diamètre des trous forage (pouces)	1 7/8"	6 1/2"	1 1/4"	---	1 7/8"

En ce qui concerne les travailleurs, au nombre de 350 en

souterrain, ceux-ci se regroupent sous trois types de tâches principales, soit les services, la production et le développement. De façon générale, les mineurs de chantier (production) oeuvrent en équipe de deux. De plus, on retrouve les caractéristiques suivantes concernant chaque groupe de travailleurs ayant oeuvrés à cette mine au cours de la période du relevé :

	% hrs rég.	% surtemps	% nbr. mineurs	% boni total	Expér. moy.à la mine (années)	Expér. tot. moy. souterrain (années)
Services	34,7	43,7	41,3	11,5	4,2	5,3
Production	54,8	53,3	48,0	60,1	5,1	7,2
Développement	10,5	3,0	10,7	28,4	6,5	10,6
Total (Moy.*)	100,0	100,0	100,0	100,0	4,9*	6,8*

Différentes pratiques sont utilisées pour le support du terrain, dépendemment du type d'ouverture réalisé dans le roc et des conditions particulières de terrain :

- supports boisés (étançons) ("split-sets, square sets, battery post").

- boulons d'ancrage de 4, 5, 7 ou 9 pieds, selon la dimension d'ouverture. Ceux ci sont accompagnés de treillis

métalliques (2" par 4") dans les chantiers. Egalement, des barres d'ancrage cimentées de 1 pouce de diamètre, de 8 à 64 pieds de longueur et espacées de 15 à 20 pieds sont installées en éventail dans les épontes supérieures et inférieures des plus grands chantiers par sous-niveaux. Finalement, des barres d'ancrage de 8 à 16 pieds de longueur sont installées dans les points de soutirage.

- le remblai : les rejets du concentrateur sont utilisés dans les chantiers coupes et remblai; le remblai est consolidé par l'utilisation de ciment uniquement pour la formation du plancher de travail. Finalement, les grands chantiers ouverts sont remblayés à l'aide de roc stérile provenant de la surface.

- les piliers : de petits piliers de roc sont utilisés dans les chantiers chambres magasins.

1.6 Mine F

La mine F, située dans la région de Matagami, présente un gisement sulfureux massif dont les principaux métaux sont le zinc et le cuivre. On retrouve également, dans une moindre proportion, de l'argent et de l'or. L'accès au gisement se fait par un puits vertical d'une profondeur d'environ 1 200 pieds.

Les chantiers piliers, dont l'abattage se fait en vrac, possèdent

les dimensions et les caractéristiques suivantes :

- Largeur moyenne : 60 pieds
- Longueur moyenne : 200 à 300 pieds
- Hauteur moyenne : 200 à 400 pieds
- Espacement des points de soutirage: 35 pieds
- Espacement des sous-niveaux : 50 pieds
  : 100 pieds avec foreuse de trous à grand diamètre.
- Vie économique d'un chantier : 2 à 2,5 années.

Le minerai est exploité par la méthode des longs trous et est abattu en vrac; ce travail nécessite la participation de 280 travailleurs sur une base régulière. Les chantiers primaires sont exploités et séparés par des piliers, qui eux sont récupérés suite au remblayage des chantiers primaires. L'exploitation en est d'ailleurs rendue à cette étape de récupération des piliers.

Le forage du minerai est réalisé par des foreuses de type "jumbo" avec des taillants de 2 pouces de diamètre et deux foreuses à marteau plongeant de 4 1/2 pouces de diamètre. La première étape de l'exploitation est la création d'une ouverture dans le centre du chantier et, lorsque l'ouverture est suffisamment grande, tout le chantier est sauté d'un seul coup. Le minerai est alors récupéré dans les points de soutirage par des chargeuses-navettes de dimensions variables.

En ce qui a trait au soutènement, celui-ci se fait à l'aide de boulons de 2, 3, 5 et 7 pieds. De plus, les chantiers extraits sont immédiatement comblés avec du remblai non consolidé provenant des rejets du concentrateur.

1.7 Mine G

La mine G, située en Abitibi dans la région de Cadillac, entre Val D'Or et Rouyn-Noranda, présente un gisement d'or du type volcanogène syngénétique qui était exploité par la méthode de sous-niveaux retraités avec remblai au moment de notre relevé. Cette méthode, non-efficace en profondeur au point de vue de la dilution et de la récupération trop faible, a été par la suite abandonnée pour être remplacée par la méthode AVOCA (méthode de coupes et remblai mécanisée). Cette dernière méthode est également remplacée en plus grande profondeur dans les zones larges par une méthode transversale par chantiers ouverts qui sont par la suite comblés par du remblai cimenté (5% de ciment) afin de s'assurer de la récupération ultérieure des piliers avec un minimum de dilution. La zone en production au moment du relevé montrait un pendage moyen de 85 degrés, une largeur variant entre 3 et 35 mètres et une production de l'ordre de 500 000 tonnes métriques annuellement contenant 5 grammes d'or par tonne métrique.

L'accès au gisement pour les quelques 80 travailleurs oeuvrant en souterrain se fait par un puits vertical dont la profondeur totale

est d'environ 640 mètres; les niveaux sont espacés de 60 mètres alors que les sous-niveaux sont distancés de 10 à 15 mètres. On retrouve également une rampe reliée à la surface servant au transport du matériel pour les niveaux supérieurs de la mine.

Lors de l'exploitation, le retrait se fait longitudinalement dans les endroits peu larges et transversalement dans les zones où la minéralisation dépasse 15 mètres. Le forage du minerai se fait par des foreuses "jumbo" et le minerai cassé est récupéré à l'aide de chargeuses-navettes de 3,5 et 5 verges cubes.

Les conditions de terrain sont souvent très difficiles dû à la qualité des épontes (schistosité, failles...) et à la minéralisation. Les chantiers sont remblayés lors du soutirage par du roc stérile provenant de la surface; il est à noter que le gisement a été miné jusqu'à la surface.

Le soutènement est réalisé à l'aide de boulons d'ancrage de diverses longueurs (5, 7 et 10 pieds), en plus de courroies et de grillages, en fonction des conditions de terrain. On utilise également des barres d'ancrage de 6, 8 et 10 pieds de longueur et des boulons de type "swellex" (boulons à friction) dans les zones où les conditions de terrain difficiles le justifient.

CHAPITRE II

LISTE DES VARIABLES ANALYSEES

Les diverses politiques et méthodes de travail existant dans l'ensemble de l'industrie minière du Québec ne permettent pas de recueillir exactement sur une base commune les mêmes informations pour chacune des mines visitées.

Les sections qui suivent présentent donc la documentation disponible qui a été recueillie lors des périodes de collecte des informations.

2.1 Mine A

2.1.1 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981

- Numéro du chantier
- Période concernée (mois 1 à 24 pour 1980-1981)
- Méthode d'abattage utilisée dans ce chantier
- Profondeur du chantier par rapport à la surface
- Distance séparant le chantier et le puits
- Largeur moyenne du chantier
- Numéro du puits utilisé pour l'accès au chantier
- Chantier en préparation (1) ou en production (0)
- Mauvaises (1) ou bonnes (0) conditions de terrain
- Nombre de mineurs affectés au chantier

- Nombre total d'hommes-postes effectués dans le chantier
- Nombre de pieds forés pour la production
- Nombre de boulons de 5 pieds installés (ancrés)
- Nombre de boulons de 8 pieds installés (ancrés)
- Nombre de tonnes cassées
- Nombre de tonnes raclées
- Nombre de poteaux installés
- Nombre de pieds d'avance du sous-niveau
- Nombre de pieds de passage d'hommes installés
- Nombre de pieds de passage à minerai installés
- Nombre de pieds de boisage installés
- Nombre de pieds carrés de clôture installés
- Nombre de livres d'explosif utilisés
- Boni total obtenu par les travailleurs dans les chantiers
- Type d'équipement utilisé pour le forage
- Age du chantier
- Compilation des hommes-postes affectés au forage de production comme tel (sans tenir compte des autres travaux de chantier ou délais)

2.2 Mine B

2.2.1 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981

- Numéro du chantier
- Période concernée
- Méthode d'abattage utilisée
- Profondeur du chantier par rapport à la surface
- Distance séparant le chantier et le puits
- Largeur moyenne du chantier
- Nombre de mineurs affectés au chantier
- Nombre d'hommes-postes réalisés dans le chantier
- Nombre de pieds forés pour la production
- Nombre de boulons de 5 et 7 pieds installés
- Nombre de sangles d'acier installées (posées)
- Nombre de tonnes cassées
- Nombre de tonnes transportées
- Nombre de tonnes d'entailles d'épontes ("slashed")
- Nombre de tonnes raclées
- Nombre de pieds d'avance du sous-niveau (galeries)
- Boni total obtenu par les travailleurs

2.3 Mine C

2.3.1 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour la période de juillet 1982 à décembre 1984

- Numéro du chantier
- Période concernée
- Méthode d'abattage utilisée dans ce chantier
- Profondeur du chantier par rapport à la surface
- Distance séparant le chantier et le puits
- Largeur moyenne du chantier
- Longueur moyenne du chantier
- Nombre de mètres de forage de production réalisés
- Nombre de tonnes de minerai cassées
- Nombre de tonnes de stérile cassées
- Nombre de tonnes de minerai transportées
- Nombre de tonnes de minerai laissées sur place
- Nombre de livres d'explosifs utilisées
- Coût des explosifs utilisés
- Coût total du soutènement
- Nombre de barres d'armature installées (ancrées)
- Nombre de boulons ancrés
- Nombre de boulons d'ancrage avec grillage posés
- Coût total du boisage
- Nombre de mètres de tuyaux installés
- Coût total pour les tuyaux
- Coût total de forage

- Age du chantier
- Nombre de mètres de forage réalisés pour le soutènement
- Nombre de mètres de câbles d'ancrage installés
- Coût pour le forage de soutènement

Note : les informations concernant l'octroi du boni étaient non-disponibles à cette mine dû à la méthode d'octroi utilisée.

2.4 Mine D

2.4.1 Données d'information mensuelles concernant les contrats de travail pour les années 1980-1981

- Période concernée (mois 1 à 24 pour 1980-1981)
- Numéro du contrat de travail
- Type de contrat (1 à 5: en fonction du type de travail)
- Nombre de mineurs affectés à ce contrat
- Nombre d'heures de contrat de base (boni variable)
- Nombre d'heures totales
- Nombre de tonnes déblayées
- Nombre de pieds linéaires d'avance
- Nombre de pieds cubes d'avance
- Surface (pieds carrés) couverte par le boulonnage
- Nombre de pieds linéaires équivalents en galerie (avance)
- Boni total mensuel
- Type de travail précis (écaillage, boulonnage, forage,...)

2.4.2 Données d'information journalières concernant les compilations hebdomadaires de production pour 1980-1981

- Période concernée (mois 1 à 24 pour 1980-1981)
- Date concernée
- Nombre de tonnes de minerai hissées
- Nombre de tonnes de stérile hissées (cheminée)
- Nombre de tonnes de stérile hissées (silo)
- Nombre de boulons de 5 pieds installés (ancrés)

- Nombre de boulons de 7 pieds installés (ancrés)
- Nombre de tonnes transportées (chargeuse 915)
- Nombre de tonnes transportées (chargeuse 912)
- Nombre de pieds forés (in-the-hole)
- Nombre de pieds forés à la base du chantier (uppers)
- Nombre de pieds forés pour le développement (jack leg)
- Nombre de pieds forés pour le développement (jumbo)
- Nombre d'heures de contrat de base
- Nombre d'heures de contrat fixe
- Nombre d'heures de contrat à la charge de la compagnie

2.4.3 Données d'information mensuelles concernant l'utilisation des explosifs pour le sautage de chantier en 1980 et 1981

- Période concernée (mois 1 à 24 pour 1980-1981)
- Nombre de livres d'explosif ANFO
- Nombre de livres d'explosif TOVEX
- Nombre de livres de CORDETS
- Nombre de livres de bâtons d'explosifs de 1 1/4" x 8"
- Nombre total de livres d'explosifs pour le mois
- Nombre de tonnes sautées pour le mois
- Facteur d'explosif, en livres par tonne, pour le mois
- Pourcentage de ANFO utilisé
- Pourcentage de TOVEX utilisé
- Coût mensuel des explosifs par tonne sautée

2.4.4 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981

- Numéro du chantier
- Période concernée
- Pourcentage de réalisation du développement
- Nombre de tonnes cassées en réserve au début de la période
- Nombre de tonnes de développement transférées à ce chantier pour soutirage ultérieur
- Nombre de tonnes sautées
- Nombre de tonnes préforées
- Nombre de tonnes soutirées
- Nombre de godets pour effectuer ce soutirage
- Nombre total de tonnes sautées à date dans ce chantier
- Nombre total de tonnes préforées à date dans ce chantier
- Nombre total de tonnes restant à forer
- Nombre total de tonnes soutirées à date dans ce chantier
- Nombre total de tonnes pour la vie du chantier (au grand total)
- Age du chantier

2.5 Mine E

2.5.1 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981

- Numéro du chantier
- Période concernée (mois 1 à 24 pour 1980-1981)
- Méthode d'abattage utilisée dans ce chantier
- Profondeur du chantier par rapport à la surface
- Distance séparant le chantier et le puits
- Longueur moyenne du chantier
- Largeur moyenne du chantier
- Numéro du puits utilisé pour l'accès au chantier
- Nombre de mineurs de production affectés au chantier
- Nombre d'hommes-postes total réalisés dans le chantier
- Nombre d'heures considérées comme "temps de compagnie"
- Nombre d'heures consacrées par les superviseurs du chantier
- Nombre d'heures consacrées à l'abattage
- Nombre de pieds forés
- Nombre de boulons de 9 pieds installés (ancrés)
- Nombre de boulons de 7 pieds installés (ancrés)
- Nombre de boulons de 5 pieds installés (ancrés)
- Nombre de boulons de 4 pieds installés (ancrés)
- Nombre de poteaux installés
- Nombre de tonnes abattues
- Nombre de tonnes déblayées
- Nombre de tonnes de remblai hydraulique

- Nombre de pieds de construction de cheminée à minerai
- Nombre de pieds de construction de passage d'hommes
- Nombre de tonnes forées et sautées d'entailles d'épontes
- Nombre de pieds forés et sautés pour monteries, galeries de sous-niveau, etc.
- Nombre de pieds carrés de clôture de type A et B
- Nombre de pieds carrés de clôture de type G
- Type d'équipement utilisé pour le halage
- Boni total obtenu par les travailleurs
- Age du chantier
- Nombre de tonnes raclées (raclage simple et/ou double)

2.5.2 Données d'information mensuelles concernant les travailleurs affectés aux chantiers de production pour les années 1980-1981

- Numéro du chantier
- Période concernée (mois 1 à 24 pour 1980-1981)
- Numéro matricule du travailleur
- Nombre d'heures considérées comme "temps de compagnie"
- Nombre d'heures en tant que superviseur
- Nombre d'heures consacrées à l'abattage
- Boni total obtenu par le travailleur
- Age du travailleur
- Expérience du travailleur à la mine en souterrain (séniorité)
- Expérience globale du travailleur en souterrain
- Nombre d'accidents du travailleur en 1980-1981
- Nombre de jours perdus pour cause d'accidents en 1980-1981

2.6 Mine F

2.6.1 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de forage des trous profonds pour les années 1986-1987

- Type de contrat (numéro)
- Période concernée (1 à 48 i.e. 2 par mois)
- Description précise du travail accompli
- Lieu du travail
- Profondeur du lieu de travail par rapport à la surface (pieds)
- Distance du lieu de travail par rapport au puits (pieds)
- Nombre de pieds de forage réalisés
- Surplus associé aux délais et conditions d'opération
- Nombre de mineurs
- Nombre d'hommes-postes total
- Boni net obtenu par les travailleurs

2.6.2 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de forage des galeries pour les années 1986-1987

- Type de contrat (numéro)
- Période concernée (1 à 48)
- Lieu de travail
- Profondeur du lieu de travail par rapport à la surface (pieds)
- Distance du lieu de travail par rapport au puits (pieds)
- Nombre de pieds de sous-galerie de 8' x 7.5'
- Nombre de pieds de galerie 8' x 10'

- Nombre de pieds de galerie 8' x 12'
- Nombre de pieds de galerie 10' x 12'
- Nombre de pieds de galerie 10' x 13'
- Volée forée seulement - 75% (pieds)
- Volée sautée seulement - 25% (pieds)
- Nombre de boulons de 6 pieds avec sangles
- Nombre de boulons de 8 pieds avec sangles
- Nombre de poteaux de sécurité (acier)
- Nombre de trous de service
- Entaille seule (pieds d'avance)
- Nombre de pieds pour les trous de vérification, extension
- Nombre de pieds pour les trous de vérification, fleuret normal
- Allocation pour distance
- Nombre de pieds de cheminée (6' x 6', > 80 degrés)
- Nombre de pieds de cheminée (8' x 8', > 80 degrés)
- Nombre de pieds de cheminée (9' x 9', > 80 degrés)
- Travail spécial, galerie (hommes-postes)
- Travail spécial, déblayage (hommes-postes)
- Travail spécial, cheminée (hommes-postes)
- Nombre de livres de bâtons d'explosif
- Nombre de livres d'agent de sautage
- Nombre de livres de bâtons d'explosif périphérique
- Nombre de travailleurs
- Nombre d'hommes-postes
- Boni total net

2.6.3 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de déblayage pour les années 1986-1987

- Type de contrat (numéro)
- Période concernée (1 à 48)
- Description précise du travail accompli
- Lieu de travail
- Profondeur du lieu de travail par rapport à la surface (pieds)
- Distance du lieu de travail par rapport au puits (pieds)
- Distance du lieu de travail par rapport aux cheminées (pieds)
- Nombre de travailleurs
- Boni total net

2.6.4 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de chargement et sautage pour les années 1986-1987

- Type de contrat (numéro)
- Période concernée (1 à 48)
- Description précise du travail accompli
- Lieu de travail
- Profondeur du lieu de travail par rapport à la surface (pieds)
- Distance du lieu de travail par rapport au puits (pieds)
- Nombre de travailleurs
- Nombre d'hommes-postes total

- Boni total net obtenu
- Nombre de livres d'explosif chargées par poste

2.6.5 Données d'information bimensuelles concernant les contrats de production

et

2.6.6 les contrats de boisage pour les années 1986-1987

- Type de contrat (numéro)
- Période concernée
- Description précise du travail accompli
- Lieu de travail
- Profondeur du lieu de travail par rapport à la surface (pieds)
- Distance du lieu de travail par rapport au puits (pieds)
- Nombre de travailleurs
- Nombre d'hommes-postes total
- Boni total net obtenu

2.6.7 Données d'information bimensuelles concernant les travailleurs affectés aux divers contrats pour les années 1986-1987

- Type de contrat
- Numéro du contrat
- Période concernée (1 à 48)
- Numéro matricule du travailleur
- Age du travailleur
- Expérience du travailleur à la mine en souterrain (séniorité)
- Expérience globale du travailleur en souterrain
- Nombre de postes de travail
- Boni total net.

2.7 Mine G

2.7.1 Données d'information mensuelles concernant les divers postes de travail pour les années 1980-1981

- Numéro du poste de travail
- Période concernée (mois 1 à 24 pour 1980-1981)
- Nombre de mineurs affectés au poste de travail
- Heures totales de contrat de type R (boni variable)
- Heures totales de contrat de type S (boni variable)
- Heures totales de contrat de type X (aucun boni)
- Heures totales de contrat de type A (boni horaire fixe élevé)
- Heures totales de contrat de type B (boni horaire fixe moyen)
- Heures totales de contrat de type C (boni horaire fixe faible)
- Heures totales de contrat de type D (boni horaire fixe élevé) (construction)
- Nombre de pieds de longs trous forés vers le haut
- Nombre de pieds de longs trous forés vers le bas
- Nombre de trous forés de façon standard
- Nombre de pieds forés de façon standard
- Nombre de trous forés avec une foreuse "jumbo"
- Nombre de pieds forés avec une foreuse "jumbo"
- Nombre total de trous sautés
- Nombre de volées pour le sautage des trous
- Nombre de boulons standards installés (ancrés)
- Nombre de boulons avec grillage installés (ancrés)

- Nombre de tonnes de minerai transportées
- Nombre de tonnes de stérile transportées
- Nombre de tonnes de minerai hissées
- Nombre de tonnes de stérile hissées
- Boni total obtenu par les travailleurs

2.7.2 Données d'information mensuelles concernant les travailleurs affectés aux divers postes de travail pour les années 1980-1981

- Période concernée (mois 1 à 24 pour 1980-1981)
- Numéro matricule du travailleur
- Numéro du poste de travail
- Nombre d'heures travaillées
- Type de contrat auquel appartiennent ces heures (R,S,X,A,B,C,D)
- Boni total octroyé

2.7.3 Données d'information mensuelles concernant les chantiers de production pour les années 1980-1981

- Numéro du chantier
- Période concernée (mois 1 à 24 pour 1980-1981)
- Méthode d'abattage utilisée
- Profondeur du chantier par rapport à la surface
- Distance séparant le chantier et le puits (pieds)
- Largeur moyenne du chantier (pieds)
- Longueur moyenne du chantier (pieds)
- Hauteur moyenne du chantier (pieds)

- Nombre de tonnes cassées
- Nombre de tonnes extraites
- Nombre de voyages des camions de 8 tonnes
- Nombre de voyages des chargeuses ST-5
- Nombre de voyages des chargeuses ST-2

CHAPITRE III

ANALYSES PORTANT SUR 2 OU 3 VARIABLES A LA FOIS (figures en 2D)

Une série d'analyses, portant sur l'ensemble des variables prises 2 ou 3 à la fois (figures en 2D), ont été réalisées afin de tenter de faire ressortir des tendances qui pourraient affecter de façon importante le niveau de productivité de l'entreprise.

Il est à noter que l'ensemble des figures se retrouvent en annexe A dans un cahier spécial afin d'éviter d'alourdir le texte. Une attention particulière devrait être apportée lors de l'examen des figures aux différentes échelles utilisées sur les axes. Autant que possible, celles-ci ont été ajustées pour en faciliter les comparaisons, mais d'autres, pour des raisons de dispersion des points, ont dû être présentées sur une base différente.

3.1 Mine A

Les analyses effectuées dans cette section de chapitre suivent la structure suivante:

- Abattage par chambres et piliers:
  - global
  - bonnes conditions de terrain
  - moins bonnes conditions de terrain

- Abattage par chambres remblayées:
    - global
    - bonnes conditions de terrain
    - moins bonnes conditions de terrain

Il est à noter que la méthode d'abattage par chambres magasins n'est pas discutée dans ce chapitre étant donné le peu d'informations s'y rapportant (seulement 56 observations).

De plus, les distinctions portant sur les conditions de terrain indiquent que le roc était beaucoup moins stable (fractures) dans les cas de moins bonnes conditions, plus ou moins reliées avec la profondeur des chantiers. Egalement, il faut remarquer que lorsqu'on parle de tonnes par quart-homme sur les figures, on se rapporte au nombre total d'hommes-postes effectués dans un chantier au cours d'une période. Dans le cas de forage de production, on discute du nombre réel d'hommes-postes affectés uniquement au forage de production dans les chantiers, sans tenir compte du temps alloué pour les autres travaux. Finalement, il faut noter que les termes quart-homme et homme-poste sont équivalents sur les figures et dans le texte.

3.1.1 Tonnes par homme-poste vs le nombre de mineurs

Les figures A.1 à A.6 (voir annexe A) inclusivement montrent les résultats obtenus concernant le nombre de tonnes exploitées par homme-poste en fonction du nombre de mineurs affectés au chantier au cours d'une période.

Il semble ressortir de ces figures les points suivants:

- la productivité obtenue, mesurée en terme de tonnes par homme-poste, semble indépendante de la méthode utilisée pour l'extraction du minerai quoiqu'on puisse noter un plus grand potentiel pour la méthode par chambres remblayées. On peut cependant s'attendre, en moyenne, à obtenir le même niveau de production pour chacune des méthodes d'exploitation lorsque la même force ouvrière est fournie dans les chantiers pour ces deux principales méthodes d'abattage considérées. Ceci peut sembler surprenant de prime abord étant donné la tâche supplémentaire de remblayage pour la méthode par chambres remblayées. Cependant, la différence à ce niveau est éliminée, tel qu'on le verra plus loin, par une nécessité de forage plus grande pour la méthode par chambres et piliers.

- le niveau de productivité obtenu semble largement affecté par les conditions de terrain rencontrées dans les chantiers. Ce résultat peut être visualisé en comparant les figures A.2 avec A.3 et A.5 avec A.6. Ce point n'est pas surprenant en soi étant donné les travaux supplémentaires de soutènement que nécessitent de moins bonnes conditions de terrain. Ce facteur doit donc être largement considéré lors de l'évaluation économique d'un chantier puisque l'on peut noter une diminution moyenne de la productivité de l'ordre de 50% dans le cas de moins bonnes conditions de terrain par rapport à de bonnes conditions.

- le niveau de productivité semble décroître en moyenne lorsque le nombre de mineurs affectés à un chantier dans une même période augmente. Ce phénomène ressort plus particulièrement pour la méthode par chambres et piliers mais apparaît également pour la méthode par chambres remblayées lorsqu'on dépasse le nombre de 5 mineurs affectés à un chantier au cours d'une période.

Ce dernier point peut être relié à deux causes, la première étant l'accroissement de tâches connexes pour les mineurs affectés occasionnellement à un chantier alors que la seconde tient du fait qu'un travailleur muté à un nouveau chantier doit s'adapter à son nouvel environnement, ce qui le rend beaucoup moins productif. Il faut donc réaliser qu'en transférant régulièrement des mineurs sur une base temporaire dans certains chantiers, il s'ensuit une nette baisse de la productivité globale de l'entreprise à moyen et long terme.

3.1.2 Forage de production par homme-poste vs nombre de mineurs

Sur les figures A.7 à A.12 inclusivement, on retrouve le nombre de pieds de forage réalisés pour la production par homme-poste en fonction du nombre de mineurs suivant les mêmes divisions que pour les figures A.1 à A.6.

Sensiblement les mêmes phénomènes que rencontrés précédemment se retrouvent illustrés sur ces figures: productivité décroissante lorsque le nombre d'intervenants croît et impact important de la

qualité du terrain. On peut également noter que lorsque la qualité du terrain est moins bonne, il existe beaucoup plus de fluctuations en fonction du nombre d'intervenants quant au nombre de pieds de forage de production par homme-poste, ceci étant dû, à l'importance des travaux de stabilisation requis.

3.1.3 Tonnes cassées vs le nombre de pieds de forage de production

Suite aux deux premières séries de figures, on peut se demander quel type de relation existe entre le nombre de tonnes cassées et le nombre de pieds de forage de production. C'est ce qu'on retrouve sur les figures A.13 à A.18 inclusivement.

On peut remarquer qu'il existe une tendance à la hausse du nombre de tonnes cassées lorsque le nombre de pieds de forage pour la production augmente avec des moyennes de 0,25 et 0,40 tonne cassée par pied de forage pour les méthodes par chambres et piliers et par chambres remblayées respectivement. Cependant, il existe de grands écarts autour de la moyenne, particulièrement pour la méthode d'exploitation par chambres remblayées.

La dispersion est limitée à quelques dizaines d'informations dans le cas de la méthode par chambres et piliers, ce qui signifie une fiabilité satisfaisante de la valeur de 0,25 tonne par pied de forage.

Dans le cas de la méthode d'abattage par coupes et remblai, la dispersion est beaucoup plus grande. Deux hypothèses peuvent être avancées comme explication. L'une provient de la dégradation du toit dans le terrain faible, mais la figure A.18 montre que la dispersion est limitée dans ce cas: le nombre de pieds de forage qu'il faut reprendre afin de charger les trous n'est pas très important. La seconde provient de la possibilité, dans le bon terrain, de forer une superficie importante (forage vers le haut plutôt qu'horizontal), de sorte que des volumes importants de minerai sont forés à une période et cassés à une autre. Il n'est pas possible d'opérer ainsi dans du terrain incompétent. Ainsi, la pente à 0,40 tonne par pied de forage demeure valable malgré la dispersion apparente.

3.1.4 Tonnes cassées vs nombre de livres d'explosif

Dans le même ordre d'idées, les figures A.19 à A.24 inclusivement montrent les variations du nombre de tonnes cassées en fonction du nombre de livres d'explosif. Tel que retrouvé sur les figures précédentes (A.13 à A.18), il existe de grandes fluctuations autour de la moyenne. Les hypothèses avancées à la section 3.1.3 servent d'explication à ces dispersions. D'ailleurs, une charge d'explosif a pour effet d'affecter la stabilité du terrain au niveau des chantiers et de la mine dans son ensemble. En moyenne, le nombre de tonnes cassées par livre d'explosif est d'environ 0,45 (facteur poudre de 2,2) pour la méthode par chambres et piliers et 0,78 (facteur poudre de 1,28) pour la méthode par chambres remblayées.

La consommation différente d'explosif selon la méthode d'abattage provient de ce que la méthode par chambres et piliers se rapproche, au point de vue confinement, du fonçage de galeries. Par ailleurs, le degré de confinement en coupes et remblai est fortement réduit par le fait qu'il existe deux fronts libres plutôt qu'un seul, ce qui augmente l'efficacité des ondes de sautage pour la fragmentation.

La preuve que les explications précédentes sont valables est donnée par le très faible nombre de points qui s'écartent de la courbe par la méthode en chambres, alors que moins d'une trentaine s'en écarte dans la méthode par coupes (une vingtaine dans du bon terrain et une dizaine dans du plus faible). Ces quelques points peuvent être occasionnés soit par des sautages manqués, soit par une perte de sacs d'explosifs, soit par un mauvais fonctionnement du système de chargement, soit par une compaction beaucoup trop grande des explosifs, soit par l'intersection de fissures où les explosifs se perdent.

3.1.5 Livres d'explosif vs le nombre de pieds de forage de production

Pour faire suite aux figures des sections 3.1.3 et 3.1.4 qui relient le nombre de tonnes cassées au nombre de pieds de forage et, au nombre de livres d'explosif qui sont, elles, insérées dans les trous de forage, les figures A.25 à A.30 inclusivement montrent les variations du nombre de livres d'explosif en fonction du nombre de pieds de forage de production réalisés. On peut noter que, pour

la méthode par chambres et piliers, il n'existe que quelques fluctuations autour de la moyenne. Il y a donc eu rarement surcharge des trous de forage, même si, tel que mentionné précédemment, il y aurait lieu de vérifier le nombre de pieds de forage réalisés au total pour obtenir la production désirée.

Pour la méthode par chambres remblayées, il existe quelques fluctuations autour du noyau central, ce qui supporte les hypothèses présentées à la section précédente pour les firugres A.19 à A.24.

Finalement, une comparaison entre les deux méthodes permet de noter qu'on utilise le même mode de chargement des trous forés et la même grosseur de trous de forage. (facteur poudre moyen de 0.44 livre d'explosif par pied de forage). Etant donné la plus grande quantité de forage pour la méthode par chambres et piliers, on obtient donc un facteur poudre plus élevé, tel que vu précédemment. Il y aurait sûrement lieu de vérifier si cette technique de chargement ne pourrait pas être optimisée.

3.1.6 Pieds de forage de production vs nombre d'hommes-postes réels de forage

Sur les figures A.31 à A.36 inclusivement, on retrouve le nombre de pieds de forage en fonction du nombre réel d'hommes-postes de forage, incluant les mêmes sous-divisions que pour les sections précédentes.

Le nombre de pieds de forage s'accroît lorsque le nombre réel d'hommes-postes de forage augmente, ce qui est un phénomène tout à fait dans l'ordre normal des choses. Cependant, il existe de grandes fluctuations du nombre de pieds de forage lorsque le nombre d'hommes-postes de forage s'accroît, particulièrement pour la méthode par chambres et piliers. De plus, les moins bonnes conditions de terrain tendent à faire diminuer de presque 50% le nombre moyen de pieds de forage réalisés pour chaque homme-poste réel de forage par rapport aux chantiers où il existe de bonnes conditions de terrain pour la méthode d'abattage par chambres et piliers, ce qui peut devenir un critère d'évaluation économique important. Cette tendance est d'ailleurs éliminée dans le cas des chantiers d'abattage par chambres remblayées.

Une comparaison entre les deux méthodes permet de noter une diminution de l'efficacité de forage de l'ordre de 50% pour la méthode par chambres remblayées, soit la méthode utilisant les plates-formes pour effectuer le forage à l'aide de foreuses sur béquilles. Le manque de stabilité sur ces plates-formes explique en bonne partie les problèmes de productivité rencontrés avec cette méthode, en plus des problèmes de sécurité associés à leur utilisation pour le forage, tel que constaté lors de l'étude examinant les liens entre diverses variables quantitatives, dont la prime au rendement, et les accidents. Cette différence peut également être expliquée en partie par un plus grand espace de travail disponible dans les chantiers chambres et piliers, ce qui

permet aux mineurs de forer plusieurs trous consécutifs sans déplacement de la foreuse.

Bien que la méthode par chambres et piliers offre une possibilité plus grande de forage et une facilité accrue de forer pour les mineurs, il est possible de noter que cette productivité mensuelle se stabilise après une vingtaine de postes dans le bon terrain et une trentaine dans le terrain moins compétent. Ceci provient sans doute de ce que le temps de déplacement des foreuses d'un front à l'autre réduit considérablement le temps réellement consacré à forer, par rapport au temps requis pour le positionnement des foreuses sur le lieu de travail. Cette stabilisation de la productivité en forage n'existe pas avec la méthode par coupes et remblai.

3.1.7 Tonnes cassées vs nombre d'hommes-postes réels de forage de production

Les figures A.37 et A.38 indiquent les variations du nombre de tonnes cassées en fonction du nombre réel d'hommes-postes de forage pour l'abattage par chambres et piliers et l'abattage par chambres remblayées (sans tenir compte des conditions de terrain).

Le même phénomène rencontré précédemment se retrouve alors que le nombre moyen de tonnes cassées est supérieur pour la méthode par chambres et piliers en se basant sur le même nombre réel d'hommes-postes de forage de production. De plus, les résultats reflètent les commentaires précédents, alors qu'on perçoit une stabilisation

du volume de roc sauté après environ 25 hommes-postes de forage par la méthode des chambres et piliers. La méthode par chambres remblayées fait voir un changement de pente, après une quinzaine de postes, mais non une stabilisation.

Finalement, on peut noter qu'il existe de grandes fluctuations au niveau du nombre de tonnes cassées lorsque le nombre réel d'hommes-postes de forage augmente, ce qui peut être expliqué en bonne partie par le rendement des mineurs dans leurs tâches et qui devrait se répercuter dans l'octroi de la prime au rendement. Un mineur consciencieux à sa face de travail réussira à forer son front de taille de façon à minimiser le bris hors-profil (moins d'écaillage) et à fournir du minerai mieux fragmenté, pour une plus grande productivité finale.

3.1.8 Nombre de boulons installés vs nombre d'hommes-postes

Les figures A.39 à A.44 inclusivement montrent le nombre de boulons installés en fonction du nombre total d'hommes-postes en chantiers à chaque période pour l'abattage par chambres et piliers et l'abattage par chambres remblayées.

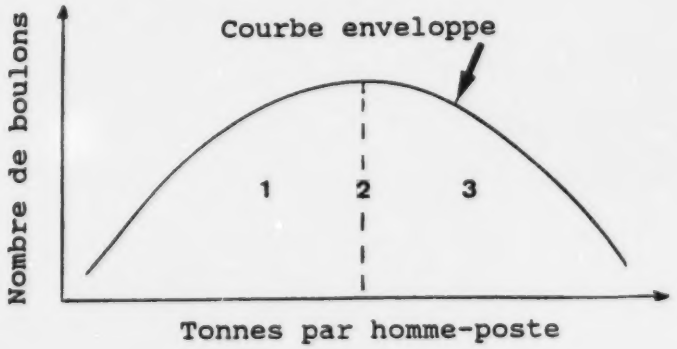
Il ne semble pas ressortir de tendance précise sur les figures pour la méthode par chambres et piliers. Cependant, pour la méthode par chambres remblayées, il semble exister une légère tendance à la hausse du nombre de boulons installés lorsque le nombre total

d'hommes-postes s'accroit. Par contre, on retrouve de grandes fluctuations encore une fois. De façon générale, il ne ressort aucune tendance discernable liant les deux variables analysées dans ces six figures, la dispersion des points étant beaucoup trop grande.

En fait, ces figures indiquent que le terrain qualifié de compétent ou d'incompétent est en fait variable, de sorte que du terrain moins compétent est parfois rencontré dans du terrain compétent et vice-versa. Dans ces conditions, le nombre de boulons additionnels par rapport au patron de base varie considérablement.

3.1.9 Nombre de boulons installés vs nombre de tonnes par homme-poste

De façon générale, on pourrait croire que le fait d'installer un grand nombre de boulons au cours d'une période de travail puisse avoir pour effet de réduire de façon significative le nombre de tonnes exploitées par homme-poste. Cependant, les figures A.45 à A.50 ne font pas ressortir cette tendance en particulier. En fait, les six figures présentent sensiblement le même comportement qui peut être ainsi illustré :



Les points retouvés dans la partie 1 de la figure présentent un faible nombre de boulons installés et une faible productivité (tonnes par homme-poste). Ces points sont générés par l'effet des autres tâches à réaliser, telles que le remblayage, les poteaux, les cheminées, le raclage, le grillage, les sangles d'acier, les cages en bois, etc. Le secteur 2 se retrouve autour de la moyenne de productivité (tonnes par homme-poste) pour chaque méthode d'abattage et permet l'installation du nombre de boulons requis. Finalement, la troisième partie de la figure illustre les cas où les efforts des mineurs ont été concentrés uniquement sur la production du minerai, ce qui ne leur a pas permis d'allouer le temps requis à la pose des boulons d'ancrage.

3.1.10 Forage de production par homme-poste vs type de foreuse

Quatre types de foreuses étaient utilisés pour le forage de production à cette mine. Ceux-ci ont ainsi été codifiés:

Type	Marque
4	Gardner Denver (Jack Leg) (Foreuse horizontale)
5	Ingersoll-Rand (Stoper) (Foreuse verticale)
6	SECAN (Stoper) (Foreuse verticale)
7	Ingersoll-Rand (Jack Leg) (Foreuse horizontale)

Sur les figures A.51 à A.56 inclusivement, on retrouve illustré le nombre de pieds de forage réalisés pour la production par homme-poste en fonction du type de foreuse utilisée pour les méthodes d'abattage par chambres et piliers ainsi que par chambres

remblayées. L'examen de ces figures semble démontrer une fois de plus, qu'en moyenne, la moins bonne qualité du terrain entraîne une diminution de la production au niveau des trous de forage de l'ordre de 30% en moyenne. De plus, le nombre de pieds forés par homme-poste total de travail pour la méthode par chambres et piliers semble supérieur, en moyenne, à celui de la méthode par chambres remblayées, tel que noté précédemment à la section 3.1.6.

3.1.11 Forage de production par homme-poste réel de forage vs type de foreuse

Il est difficile d'évaluer l'influence du type de foreuse utilisée en se basant sur le nombre total d'hommes-postes réalisés. Il faudrait plutôt baser nos observations sur le nombre réel d'hommes-postes de forage, ce qui est présenté sur les figures A.57 à A.62 inclusivement, où l'on retrouve le nombre de pieds de forage réalisés par homme-poste réel de forage en fonction des types de foreuse pour les diverses conditions de terrain, telles que citées précédemment. Il est à noter que les foreuses de types 4 et 5 ne peuvent être discutées facilement, étant donné leurs faibles taux d'utilisation.

Les foreuses de type 6 (stoper) montrent une moyenne de pieds de forage de production par homme-poste réel de forage équivalent à celles de type 7 (jack legs), quelles que soient la méthode d'abattage et la qualité du terrain. Ce phénomène peut sembler surprenant de prime abord car la foreuse verticale permet une poussée directe pour le forage alors que la foreuse horizontale

utilise une béquille pour effectuer la poussée. La capacité des constituantes de l'équipement et l'aspect sécurité guidant les mineurs lors du forage des trous deviennent alors les limites d'efficacité de la foreuse verticale.

Tel que noté précédemment (sections 3.1.6 et 3.1.10), on retrouve un nombre de pieds de forage de production par homme-poste réel de forage supérieur pour la méthode d'abattage par chambres et piliers. Cependant, la quantité de forage supplémentaire à réaliser pour cette dernière méthode ainsi que les difficultés d'exploitation dans les secteurs où le pendage est supérieur à 20 degrés (qui obligent à installer des plates-formes de travail) réduisent considérablement la productivité, ce qui la ramène au même niveau que pour la méthode par chambres remblayées.

Finalement, l'influence des conditions de terrain est légèrement illustrée sur les figures pour la méthode d'abattage par chambres remblayées : on note une diminution de l'ordre de 10% à 15% du nombre de pieds forés pour la production par homme-poste réel de forage dans les cas de moins bonnes conditions de terrain (figures A.61 et A.62). Egalement, cette diminution est de 20% à 30% pour la méthode par chambres et piliers (figures A.58 et A.59). Cette perte de productivité devrait donc être considérée lors de l'évaluation économique de secteurs d'une mine présentant des conditions de terrain plus difficiles, afin de s'assurer qu'il s'agit bien là de minerai.

3.1.12 Tonnes par homme-poste vs qualité du terrain

Tel que mentionné précédemment, de moins bonnes conditions de terrain réduisent le niveau de productivité, mesuré en terme de tonnes par homme-poste, de l'ordre de 50% en moyenne, ce qui peut être considéré comme très important pour une entreprise.

Cette constatation est bien illustrée sur les figures A.63 et A.64 qui montrent le nombre de tonnes exploitées par homme-poste en fonction de la qualité du terrain dans les chantiers, soit "0" lorsque le terrain était considéré compétent et "1" lorsque les conditions de terrain étaient difficiles. A la lumière de ce résultat, il serait intéressant de faire une meilleure gradation de la qualité du terrain et de l'utiliser pour voir le comportement général de la productivité. Ces analyses pourraient permettre de prévoir de nouvelles méthodes de travail (exploitation, abattage, support du terrain) dans les régions moins stables afin de rendre ces sections du gisement plus productives et plus sécuritaires donc, plus rentables.

3.1.13 Nombre de boulons installés par tonne vs qualité du terrain

On pourrait croire que de mauvaises conditions de terrain feraient en sorte d'accroître considérablement le nombre de boulons installés par tonne exploitée. Cependant, il semble n'en être rien, tel qu'illustré sur les figures A.65 et A.66 pour les méthodes d'abattage par chambres et piliers et par chambres

remblayées pour lesquelles il existe une tendance à la hausse du nombre de boulons installés par tonne de roche cassée que de l'ordre de 30%, lorsque les conditions de terrain sont plus difficiles. Une analyse statistique portant sur les variables suivantes : nombre de boulons, nombre de poteaux de soutènement et conditions de terrain, a permis de réaliser qu'on augmente légèrement le nombre de boulons installés par tonne de roche cassée dans le cas de moins bonnes conditions de terrain, tout en accroissant considérablement le nombre de poteaux à l'intérieur des chantiers. C'est donc à ce niveau que se situe la principale différence de soutènement pour la sécurité des travailleurs.

3.1.14 Tonnes par homme-poste vs largeur du chantier

Les figures A.67 à A.72 inclusivement montrent l'influence de la largeur moyenne des chantiers d'abattage sur le nombre de tonnes exploitées par homme-poste. Ces résultats sont tracés pour chacun des cas suivants:

- Abattage par chambres et piliers
  - global (figure A.67)
  - accès par le puits de surface (figure A.68)
  - accès par le puits interne (figure A.69)

- Abattage par chambres remblayées
  - global (figure A.70)
  - accès par le puits de surface (figure A.71)
  - accès par le puits interne (figure A.72)

a) Abattage par chambres et piliers

La largeur des chantiers ne semble que très peu influencer le nombre moyen de tonnes par homme-poste lorsqu'on examine les figures A.67, A.68 et A.69. Cependant, les chantiers accédés par le puits interne semblent être moins productifs, en terme de tonnes par homme-poste, de l'ordre de 15 % à 33%, en moyenne, que les chantiers atteints uniquement par le puits de surface, en se basant sur une largeur égale des chantiers. Evidemment, une partie de cette perte de productivité provient du fait que les chantiers plus profonds présentent plus souvent des conditions de terrain moins bonnes.

Le fait d'avoir à utiliser un puits interne pour accéder à la minéralisation en profondeur est un facteur sur lequel il n'existe aucun contrôle. Par contre, il est important, lors des évaluations économiques, de connaître cette perte moyenne, afin de bien estimer les coûts réels d'exploitation et la rentabilité espérée. Il faudrait également considérer les coûts supplémentaires de transport du minerai (transferts d'un puits à l'autre, etc.).

b) Abattage par chambres remblayées

L'analyse des figures A.70 à A.72 inclusivement confirme les tendances citées pour la méthode par chambres et piliers.

3.1.15 Tonnes par homme-poste vs âge du chantier

L'analyse des figures A.73 et A.74 tend à démontrer que l'âge des chantiers exploités ne semble aucunement influencer la production réalisée, en terme de tonnes par homme-poste. Il est à noter que l'âge est donné en années (exemple: 1.3 année). On aurait cependant cru retrouver une plus faible production au cours des premiers mois de production des chantiers, suivi d'un plateau et finalement d'une diminution due à l'épuisement du chantier (i.e. type de courbe d'apprentissage). Cette tendance n'est pas retrouvée sur ces figures, car celles-ci regroupent l'ensemble des chantiers en opération au moment du relevé. Il aurait peut-être été préférable, si cela eut été possible, de tracer une figure pour chaque chantier individuellement à partir du début de la vie d'un chantier jusqu'à sa fin. Les points sur l'axe horizontal découlent de sautages forés au cours d'un mois et raclés dans un autre. Il s'agit là d'une autre raison de dispersion des points.

3.1.16 Tonnes par homme-poste vs prime au rendement

Les figures A.75 et A.76 illustrent le nombre de tonnes exploitées par homme-poste en fonction de la prime au rendement obtenue par les travailleurs pour les méthodes d'abattage par chambres et piliers et par chambres remblayées respectivement.

Ces figures montrent une augmentation, en général, de la prime au rendement lorsque le nombre de tonnes par homme-poste s'accroit.

Il existe tout de même de grandes variations autour de la moyenne, ce qui indique bien que plusieurs autres facteurs influencent l'octroi de la prime au rendement, tels que le nombre de boulons installés, le nombre de poteaux de soutènement, le nombre de pieds de passage d'hommes et autres. Egalement, les conditions de terrain influencent le montant de la prime au rendement versée aux mineurs, puisqu'il existe une tendance générale dans les mines du Québec, soit d'affecter les meilleures équipes de travailleurs dans les endroits où les conditions sont plus difficiles afin de réduire les risques tout en obtenant une productivité acceptable. De plus, le fait de forer des volées dans un mois et de les extraire dans un autre modifie les tonnes par homme-poste apparentes.

3.1.17 Nombre de boulons installés vs prime au rendement

Les deux figures qui suivent (A.77 et A.78) illustrent le nombre total de boulons installés en fonction de la prime au rendement. Il existe, sur ces figures, sensiblement la même tendance que sur les deux figures précédentes. Ceci semble indiquer que les travailleurs réalisant la meilleure productivité sont également les plus sécuritaires, alors qu'ils ont tendance à installer plus de boulons que les mineurs obtenant le moins de gratification au travail, et ce jusqu'à une certaine limite, tel que démontré à la section 3.1.9. Les quatre dernières figures indiquent que les mineurs les mieux rémunérés obtiennent la meilleure production, en général, tout en installant plus de boulons.

L'examen détaillé de la figure A.77 permet d'observer certains cas étonnants alors que plusieurs points présentent une prime au rendement plus élevée sans qu'aucun boulonnage n'ait été réalisé. Ceci est probablement associé au fait que des tonnes forées au cours d'un mois ne sont sautées que le mois suivant.

3.2 Mine B

La méthode d'abattage (en vrac) du minerai utilisée à cette mine et le mode de compilation des informations en provenance des chantiers font en sorte que les modèles d'estimation de la production (nombre de tonnes cassées) sont tout à fait impossibles à obtenir. Le regroupement des informations sur la base de chaque sautage aurait représenté une solution intéressante au problème rencontré mais celle-ci a dû être rejetée, étant donné l'impossibilité de connaître avec certitude le moment précis de chaque sautage au cours des périodes. De plus, de tels regroupements auraient fait en sorte que le nombre d'observations résultantes aurait été trop faible pour permettre quelque analyse sérieuse que ce soit. La solution retenue vise à estimer le niveau de productivité en se basant sur la quantité de forage réalisée par homme-poste.

3.2.1 Nombre d'hommes-postes vs nombre de mineurs

La figure B.1 illustre la relation existant entre le nombre d'hommes-postes et le nombre de mineurs affectés à chaque chantier au cours des périodes du relevé. On note sur cette figure un accroissement relativement constant du nombre d'hommes-postes jusqu'à atteindre le nombre de 8 mineurs; par la suite, il existe davantage de fluctuations. Ceci indique bien que lorsque plus de 8 mineurs sont affectés à un chantier au cours d'une même période, ces derniers le sont sur une base temporaire suite à une

réaffectation de poste. Ce plateau, atteint pour 8 mineurs, est particulièrement élevé et est probablement associé au taux de roulement du personnel à cette mine qui était supérieur à 100% par année lors du relevé.

3.2.2 Forage de production par homme-poste vs période mensuelle

La figure B.2, illustrant le nombre de pieds de forage de production par homme-poste au fil des périodes du relevé, démontre que certaines tâches réalisées dans les chantiers ne sont aucunement reliées au forage, soit l'ensemble des points se retrouvant à zéro à chaque période.

L'examen des points supérieurs montre qu'il a semblé exister une légère tendance à la baisse du nombre de pieds forés par homme-poste dans le temps, ce qui peut être en partie dû au fort taux de roulement du personnel qui a existé à cette mine au cours des années couvertes par l'étude. On peut donc réaliser que la formation et l'expérience des mineurs constituent des facteurs importants de la productivité.

3.2.3 Forage de production par homme-poste vs nombre de mineurs affectés au forage

La figure B.3 illustre bien le résultat attendu suite aux résultats de la mine précédente, soit une diminution du nombre de pieds forés par homme-poste lorsque le nombre de mineurs affectés au forage dans un chantier au cours d'une période de travail augmente et

ceci, jusqu'à 8 mineurs. Par la suite, il existe peu d'observations, ce qui prévient tout essai d'interprétation.

En fait, le nombre de pieds forés par homme-poste se situe à 187 pour un seul mineur pour passer à environ 130 pour 8 mineurs, soit une diminution de l'ordre de 30,5%. Cette diminution peut être expliquée en partie par les tâches, autres que le forage, à effectuer en chantier.

3.2.4 Nombre de pieds de forage de production vs nombre d'hommes-postes

La figure B.4 montre le nombre de pieds de forage de production en fonction du nombre d'hommes-postes, mais uniquement pour les cas où des travaux de forage ont été réalisés. En ne considérant pas les points qui se trouvent à l'intérieur des pointillés, on remarque qu'il n'existe que quelques variations autour de la moyenne du nombre de pieds forés en fonction du nombre d'hommes-postes réalisés, ce qui est très intéressant.

Les points se situant à l'intérieur des traits pointillés représentent des cas particuliers pour lesquels diverses tâches, dont du forage de production, ont été réalisées.

3.2.5 Forage de production par homme-poste vs nombre de pieds forés de sous-galerie (sous-niveau)

La figure B.5, présentant le nombre de pieds de forage de production par homme-poste en fonction du nombre de pieds de sous-

galerie (sous-niveau), illustre bien que de façon générale les diverses tâches sont indépendantes les unes des autres alors que seulement 9 observations (points à l'intérieur du trait pointillé) recoupent les deux tâches. D'ailleurs, parmi ces 9 points, 8 correspondent probablement aux points encerclés de la figure précédente.

3.2.6 Forage de production par homme-poste vs nombre de boulons installés

Il en est de même sur la figure B.6 qui montre, qu'en général, le forage de production par homme-poste est indépendant du nombre de boulons installés, i.e. que ces deux tâches ne sont pas réalisées par les mêmes équipes de travailleurs, sauf pour quelques exceptions (12 observations) qui se retrouvent à l'intérieur du trait pointillé. Ces points correspondent dans l'ensemble, aux points rencontrés précédemment.

3.2.7 Nombre de boulons installés vs nombre de pieds de sous-galerie (sous-niveau)

Pour faire suite aux deux figures précédentes, la figure B.7 illustre le nombre de boulons installés (5 et 7 pieds) en fonction du nombre de pieds de sous-galerie (sous-niveau) réalisés. L'examen de cette figure permet de constater que ces deux variables sont partiellement correlées, alors que le boulonnage est effectué dans les sous-galeries et, semble-t-il selon les variations existantes sur les figures, sur une base qui est fonction de la qualité du terrain et non sur une base systématique.

3.2.8 Forage de production par homme-poste vs distance au puits

Sur la figure B.8, on trouve illustré le nombre de pieds forés par homme-poste en fonction de la distance totale séparant les chantiers de la surface. Il n'existe aucune tendance générale sur cette figure alors que la distance totale ne semble aucunement affecter le niveau de productivité au sein des chantiers, celle-ci se situant à environ 175 pieds forés par homme-poste, tel que démontré sur la figure B.4.

3.2.9 Nombre de boulons installés vs nombre d'hommes-postes

Sur la figure B.9, on trouve illustré le nombre de boulons installés en fonction du nombre d'hommes-postes réalisés, sans inclure le temps alloué au forage de production. Deux aspects peuvent être observés sur cette figure. Le premier concerne le fait que pour quelques observations, le nombre de boulons installés est nul, peu importe le nombre d'hommes-postes réalisés dans les chantiers, ces points correspondant aux autres tâches à réaliser en chantier, principalement lors du chargement des trous forés. Le second aspect montre qu'il existe une tendance générale à la hausse du nombre de boulons installés lorsque le nombre d'hommes-postes s'accroît (pente de 3,5), avec une certaine dispersion des points, correspondant à ce qui est illustré sur les figures précédentes. Ces derniers points sont reliés aux travaux d'ouverture des sous-galeries (sous-niveaux) qui doivent être

boulonnées pour assurer la sécurité des mineurs, avant de débuter le forage de production.

3.2.10 Boni par pied de forage de production vs période mensuelle

La figure B.10, reliant la prime au rendement par pied de forage de production aux diverses périodes mensuelles du relevé, permet de réaliser qu'il existe quelques variations autour de la moyenne demeurée constante au fil du temps pour le boni offert par pied de forage de production. Ces fluctuations, qui paraissent relativement faibles de prime abord, peuvent représenter des montants relativement considérables à la fin d'une période de travail pour les mineurs. Il aurait été intéressant de vérifier si ces différences sont liées à l'expérience des travailleurs dans leurs tâches; cependant, le nombre d'observations ne permet pas ce type d'analyse. Sans doute, ces variations sont-elles liées à la dispersion observée sur la figure B.4 et la prime octroyée sur la base de la productivité mensuelle moyenne à des taux variables.

3.2.11 Prime au rendement vs pieds de forage de production

La figure B.11 présentant la prime au rendement en fonction des pieds de forage de production effectués, permet de conclure sensiblement dans le même sens que la figure B.10, alors qu'on note une augmentation du boni lorsque le nombre de pieds de forage s'accroît avec quelques fluctuations autour de la moyenne, possiblement liées à l'expérience des travailleurs ou à la

réalisation d'autres tâches parallèles à leur affectation primaire, qui est le forage de production. En fait, cette figure semble une réplique parfaite de la figure B.4.

3.2.12 Boni par pied de forage de production vs nombre de pieds de forage de production par homme-poste.

Mis à part les douze points s'éloignant de la droite, on retrouve sur la figure B.12 deux aspects différents illustrés par les points entourés d'un pointillé et les points représentés par une droite moyenne.

Les points regroupés à l'intérieur des traits pointillés représentent un faible nombre de pieds forés par homme-poste avec une prime au rendement par pied foré très variable, ce qui indique bien que ces points représentent des cas où les mineurs ont réalisé plusieurs tâches au cours des périodes du relevé.

Le deuxième aspect concerne davantage les mineurs affectés sur une base régulière au forage de production. On peut noter qu'il existe une tendance à la hausse de la prime au rendement par pied de forage de production pour les travailleurs qui obtiennent les meilleures performances de forage par homme-poste. Cette politique d'octroi du boni est possiblement dans le but de conserver les meilleurs travailleurs à la mine, en se rappelant qu'il existait un fort taux de roulement du personnel à cette mine au moment du relevé. Par contre, ceci peut produire un effet inverse au niveau

de la qualité de production, dû à la déviation des trous de forage dans le but d'atteindre des rendements de production supérieurs pour les mineurs.

3.2.13 Boni par pied de sous-niveau vs nombre de pieds de sous-niveau par homme-poste

Dans le même ordre d'idée, la figure B.13 veut mesurer l'influence de l'efficacité des travailleurs affectés au forage des sous-niveaux de production sur l'octroi du boni. En ne considérant pas les huit points hors de la cohorte, qui ont fait l'objet de discussions antérieures, on remarque que le taux de boni par pied de sous-niveau varie peu en fonction du rendement des mineurs lors du développement des galeries de sous-niveaux.

3.3 Mine C

3.3.1 Quantité d'explosif vs le nombre de mètres de forage

La figure C.1 montre la relation existant entre la quantité d'explosif utilisée et le nombre de mètres de forage réalisés par endroit de travail. On peut noter qu'il existe une très bonne corrélation entre ces deux variables, ce qui est tout à fait dans l'ordre normal des choses.

Cependant, il existe un certain nombre de points qui s'éloignent davantage de la moyenne. Ceux-ci peuvent correspondre en grande partie aux trous de forage qui n'ont pas été chargés d'explosif au cours de la période où ils ont été forés (sous la moyenne) ou aux trous de forage qui ont été chargés au cours de la période suivant celle où ils ont été forés (au-dessus de la moyenne). Certains points peuvent également correspondre aux trous périphériques pour lesquels la charge d'explosif est moindre. De la sorte, la pente de la droite demeure une indication valable du taux de chargement des trous forés.

3.3.2 Nombre de tonnes cassées vs nombre de mètres de forage

Sur la figure C.2, on peut remarquer, malgré une nette tendance à la hausse, qu'il existe de grandes variations du nombre de tonnes cassées en fonction du nombre de mètres de forage, ce qui n'est pas dans l'ordre tout à fait normal des choses.

Le fait que certains trous soient forés dans un mois et sautés dans le suivant explique une fraction non négligeable de la dispersion, de sorte que la pente demeure une indication valable du rendement du forage. De plus, les travaux étant différents selon la méthode d'abattage, la pente reflète une moyenne générale, et non le rendement moyen des méthodes individuelles d'abattage.

3.3.3 Rapport stérile/minerai vs profondeur des chantiers

La figure C.3 montre le rapport stérile/minerai obtenu en fonction de la profondeur des chantiers. Le rapport stérile/minerai a été obtenu en considérant les quantités de stérile et de minerai exploitées à chaque période dans chacun des chantiers.

Le faible nombre de points, tel que vérifié dans le fichier des données d'information, pour les profondeurs autres que 270 mètres (chambres et piliers) ne permet pas de déceler quelque tendance générale que ce soit. D'ailleurs, à 270 mètres, il existe de grandes variations pour chacun des chantiers à chaque période. Aux niveaux inférieurs, c'était le début de la production par la méthode des longs trous. On peut noter que le rapport stérile/minerai moyen se situe à 0,07 et qu'il existe un bon nombre de points au-dessus de cette moyenne. Par ailleurs, selon l'avancement des travaux par la méthode des longs trous, la quantité de stérile à extraire varie et tend à décliner avec le temps. En ce qui concerne les autres méthodes d'abattage, en chambres ou récupération des piliers, les quantités de stérile

dépendent des besoins d'abattre les voies d'accès aux chantiers, de sorte que le rapport de 0,07 stérile/minerai demeure une valeur moyenne indicative sur la vie des chantiers.

3.3.4 Tonnes cassées par boulon vs méthode d'abattage

Trois méthodes différentes d'extraction du minerai sont utilisées à la mine C. Celles-ci ont été ainsi codifiées:

- méthode 1: coupes et remblai avec chambres et piliers
- méthode 2: récupération des piliers par longs trous
- méthode 3: chantiers ouverts à longs trous avec remblai consolidé.

Pour la méthode 1 (fig. C.4), il est difficile de déterminer le nombre moyen de tonnes cassées par boulon installé, étant donné le faible nombre d'échantillons dans la banque de données.

Par contre, étant donné qu'un boulon de 2,1 mètres supporte environ 11 tonnes et que chaque boulon ne couvre que la demi-épaisseur d'un sautage de 4 mètres, on réalise que chaque boulon supporte ,en théorie, 50% du poids du roc (11/23). Ceci constitue un facteur d'armature du roc. En ce qui concerne la méthode 3, le nombre de tonnes cassées par boulon installé se situe à 42 en moyenne, avec quelques fluctuations autour de cette valeur. Il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'une phase de démarrage de cette méthode d'abattage qui pourrait nécessiter moins d'ancrage dans le temps.

Finalement, pour la méthode 2, on retrouve une moyenne de 53 tonnes cassées par boulon installé avec de plus grandes variations que pour la méthode 3. Ceci provient de la nécessité d'ancrer les voies d'accès aux piliers, mais le soutènement est moins important en chantier par la suite, d'où les fluctuations importantes.

D'ailleurs, certains secteurs de la mine sont reconnus pour être très instables, ce qui entraîne un boulonnage accru et, par la suite, davantage de variations d'efficacité des explosifs, telles que rencontrées précédemment.

3.3.5 Tonnes cassées par mètre de forage vs méthode d'abattage

La figure C.5 montre le nombre de tonnes cassées par mètre de forage pour chacune des méthodes d'abattage du minerai utilisées à la mine C.

Malgré certaines fluctuations, particulièrement pour la méthode 3, il semble tout de même exister un bon contrôle sur ce facteur, alors que la majorité des points sont bien regroupés, tel que vérifié dans le fichier des données d'information. Cependant, tel que mentionné précédemment, on devrait prévoir d'examiner les facteurs qui font qu'on obtient davantage des variations autour de la moyenne pour la méthode d'abattage 3 (longs trous), dans le but, éventuellement et si possible, de minimiser ces fluctuations. Ces variations sont probablement liées au stade d'avancement (développement des galeries de forage vs forage de production

proprement dit) et à la fiabilité des foreuses à marteau plongeur (peut-être en phase de rodage).

En ce qui a trait à la méthode 1, étant donné les autres activités à effectuer en chantier, on obtient un facteur plus faible, d'où potentiellement une meilleure fragmentation du roc. La largeur des chantiers joue également un rôle, tel qu'il sera vu ultérieurement sur la figure C.10.

3.3.6 Rapport forage/explosif vs méthode d'abattage

La figure C.6 indiquant le rapport forage/explosif en fonction des diverses méthodes d'abattage permet de mesurer, en partie, le niveau de surcharge des trous de forage, ce qui peut entraîner des coûts additionnels d'explosifs.

On peut noter qu'il existe de faibles variations pour les méthodes 1 et 2 (le grand écart observé pour la méthode 1 n'étant causé que par un seul point au-dessus du rapport 2:1), ce qui semble indiquer un bon contrôle à ce niveau. Cependant, pour la méthode 3, on obtient un peu plus de fluctuations qui pourraient sensiblement être minimisées par un meilleur contrôle lors du forage des trous en minimisant leur déviation et lors du chargement des trous, avec les explosifs pour le sautage. Ceci peut également provenir des chargements à des périodes différentes du forage. L'examen des moyennes permet d'observer des valeurs très similaires à environ 1,15 mètre de forage par kilogramme d'explosif.

Il faut tenir compte également des foreuses utilisées pour chaque méthode d'abattage. Les trous (ou une proportion de trous) possiblement plus petits pour la méthode 1 exigent plus de forage par tonne brisée et conséquemment des charges d'explosifs plus faibles au mètre, alors que les deux autres méthodes ont des taux de chargement comparables.

3.3.7 Rapport stérile/minerai vs méthode d'abattage

Sur la figure C.7, on retrouve le rapport stérile/minerai pour chacune des méthodes d'abattage, afin de vérifier s'il existe une méthode pour laquelle la quantité de stérile à extraire est vraiment supérieure. Dans la majorité des cas, ce rapport est nul, c'est-à-dire qu'aucune quantité de stérile n'a été exploitée. L'examen des moyennes retrouvées sur cette figure pour chacune des méthodes d'abattage permet de réaliser que le niveau moyen de stérile est plus de 2 fois inférieur pour la méthode 1 (chambres et piliers) que pour les deux autres méthodes. Il existe donc beaucoup moins de développement pour cette dernière méthode d'abattage horizontale, qui est probablement plus mature, donc nécessitant moins de mise en valeur.

3.3.8 Dollars par tonne cassée vs méthode d'abattage

Sur la figure C.8, les coûts engendrés pour l'exploitation (coûts des matériaux seulement) sont illustrés pour chacune des méthodes d'extraction du minerai.

On peut noter que les variations sont relativement faibles pour la méthode 3 et que celle-ci présente les coûts moyens les plus faibles parmi les trois méthodes utilisées (1,63$ par tonne de roche cassée). La méthode 2 (récupération des piliers par longs trous) présente un coût moyen intermédiaire (2,25$ par tonne) alors que la méthode 1 montre le coût moyen le plus élevé (3,15$ par tonne)

En somme il est normal que ces coûts soient supérieurs pour la méthode 1 étant donné le plus faible nombre de tonnes cassées par mètre de forage (figure C.5) et un rapport forage/explosif relativement égal aux deux autres méthodes (voir figure C.6), ce qui indique qu'une plus grande quantité d'explosif est utilisée pour la méthode 1. Egalement, les coûts associés au soutènement (barres d'ancrage, cables d'ancrage, treillis métallique) sont sûrement supérieurs, quoique non définis, pour la méthode 1 par rapport aux deux autres méthodes.

3.3.9 Tonnes cassées par boulon vs largeur des chantiers

La figure C.9, qui montre le nombre de tonnes cassées par boulon installé en fonction de la largeur des chantiers ne permet pas de détecter de tendance générale, si ce n'est qu'une valeur moyenne de 45 tonnes par boulon installé, les variations étant sans doute causées par des conditions géologiques particulières plutôt que par les largeurs différentes de chantiers. Un complément d'information peut être obtenu en consultant la figure C.4.

3.3.10 Tonnes cassées par mètre de forage vs largeur des chantiers

Sur la figure C.10, on montre la relation entre le nombre de tonnes cassées par mètre de forage et la largeur des chantiers. Il semble, selon le résultat obtenu, que peu importe la largeur des chantiers on retrouve en moyenne le même nombre de tonnes cassées par mètre de forage. Ceci est un résultat auquel on pouvait s'attendre, malgré quelques fluctuations, étant donné le facteur poudre qu'on tend à conserver aussi constant que possible dans l'industrie minière. Le léger accroissement noté pour une largeur de 25 mètres provient sans doute de la méthode des longs trous, pour laquelle le facteur poudre est plus faible et le tonnage par mètre de forage légèrement plus grand.

Par contre, pour les chantiers de faible largeur (en bonne partie chambres et piliers), on retrouve une diminution du nombre de tonnes cassées par mètre de forage, ce qui explique en partie le résultat de la figure C.5, tel que mentionné précédemment.

3.3.11 Rapport forage/explosif vs largeur des chantiers

Tel que retrouvé sur la figure précédente, la figure C.11 montre que le rapport moyen forage/explosif est relativement constant et ne semble aucunement affecté par la largeur des chantiers, malgré encore une fois, quelques fluctuations autour des moyennes.

Par contre en examinant uniquement les moyennes par largeur pour lesquelles le nombre de points était fiable (points encerclés), on note une légère tendance à la hausse du rapport forage/explosif, suivi à 25 mètres d'une légère baisse. Cette dernière dépend probablement des chantiers longs trous (fig. C.6).

3.3.12 Rapport stérile/minerai vs largeur des chantiers

Sur la figure C.12, on trouve illustrés les divers rapports stérile/minerai en fonction de la largeur des chantiers. Une fois de plus, ce rapport semble relativement indépendant de la largeur des chantiers, alors que la dispersion des points semble s'accroître légèrement en moyenne, ce qui confirme que les chantiers de faible largeur sont minés par chambres et piliers (peu de stérile) et que les autres points (largeurs) ont trait aux deux autres méthodes (voir figure C.7). Les points représentant les chantiers de 10, 15 et 20 mètres de largeur constituent probablement un mélange des diverses méthodes d'abattage.

3.3.13 Dollars par tonne vs largeur des chantiers

L'analyse de la figure C.13 semble indiquer une tendance moyenne à la baisse des coûts par tonne lorsque la largeur des chantiers augmente et ce, jusqu'à 10 mètres de largeur. Par la suite les coûts moyens par tonne montrent un léger accroissement. Ces variations proviennent des coûts associés aux diverses méthodes d'abattage utilisées, telles que discutées précédemment. Les coûts

considérés ne concernent que l'équipement et le matériel utilisés (forage pour la production, tuyaux, explosifs, boisage et forage pour le soutènement).

3.3.14 Evolution de certains facteurs dans le temps

Les trois figures qui suivent (C.14 à C.16 inclusivement) servent à évaluer la progression de la mine dans le temps afin de tenter de cerner certains points d'instabilité.

La figure C.14 montre l'évolution du nombre de tonnes cassées par boulon installé au fil des périodes mensuelles du relevé. On peut noter qu'il existe une assez bonne stabilité entre ces deux variables si l'on considère qu'à chaque période une certaine quantité de minerai foré n'est sauté qu'à la période suivante et que cette quantité de minerai foré non sauté varie d'une période à l'autre. On peut cependant noter qu'il existe deux paliers différents pour les périodes 1 à 12 puis les périodes 13 à 30. Ceci est sans doute dû à l'utilisation des diverses méthodes d'abattage dans des proportions différentes, notamment l'introduction de la méthode d'abattage par longs trous.

Sur la figure C.15, on retrouve le nombre de tonnes cassées par mètre de forage en fonction des périodes mensuelles du relevé. Encore une fois, on note une très bonne stabilité du nombre de tonnes cassées par mètre de forage au fil du temps, sauf à quelques

exceptions près. Il n'y a donc pas eu de modifications majeures sur ce plan.

Finalement, la figure C.16 montre l'évolution des coûts d'exploitation par tonne au cours de la période couverte par le relevé. L'examen détaillé de cette figure tend à démontrer qu'il existe une tendance à la hausse des coûts d'exploitation au fil du temps pour les 10 premières périodes, suivie d'une bonne stabilité. Les coûts considérés se rapportent aux matériaux utilisés dans les chantiers et aux coûts de forage. Ceci peut avoir été occasionné par une stabilisation des besoins de soutènement et d'équipement de soutien aux opérations, après une phase initiale d'accroissement des besoins.

3.3.15 Evolution de certains facteurs en fonction de l'âge des chantiers

Les cinq figures qui suivent (C.17 à C.21 inclusivement) servent à évaluer l'évolution de certains facteurs en fonction de l'âge des chantiers afin de tenter de cerner certains points intéressants.

La figure C.17 montre, qu'en moyenne, le nombre de tonnes cassées par boulon augmente lorsque l'âge des chantiers s'accroît, en particulier après 1,80 année, où l'on atteint un second palier passant de 45 à 60 tonnes par boulon en moyenne. On obtient donc plus de tonnes cassées pour chaque boulon installé. Cette tendance à la hausse est de 30% mais il est probablement difficile de cerner la raison de cette situation, si ce n'est que l'ensemble des

travaux de soutènement ont été effectués préalablement et qu'il en reste moins à faire vers la fin de la vie d'un chantier primaire. De plus, les chantiers primaires plus étroits nécessitent à peu près le même soutènement que les chantiers plus larges qui peuvent distribuer le boulonnage sur plus de tonnes qui requièrent une vie de chantier plus longue.

Sur la figure C.18, on retrouve le nombre de tonnes cassées par mètre de forage en fonction de l'âge des chantiers. On peut noter qu'il existe une très belle continuité alors que le nombre moyen de tonnes cassées par mètre de forage est relativement constant tout au long de la vie des chantiers. Les points égarés proviennent sans doute en partie du forage de trous de prédécoupage et en partie du fait que certains trous ont été forés au cours d'une période pour n'être sautés qu'à la période suivante, période au cours de laquelle très peu de forage a été réalisé. On peut donc noter qu'il semble exister à ce point de vue un bon suivi au fil du temps à cette mine.

De la même façon, la figure C.19 indique que le rapport du nombre de mètres de forage à la quantité d'explosif utilisé demeure très constant en fonction de l'âge des chantiers. Malgré certaines variations autour des moyennes, il semble qu'à cette mine on ait pu éviter de façon générale le phénomène de surcharge des trous de forage et ainsi éviter les pertes engendrées par une surconsommation d'explosif.

La figure C.20 montre le rapport stérile/minerai obtenu en fonction de l'âge des chantiers. Il semble n'exister aucune relation entre ces deux facteurs. D'ailleurs, ce rapport est sans doute lié, en partie, à la structure géologique du gisement autour de chaque chantier et à la déviation des trous de forage. Les cycles sur la figure indiquent sans doute les périodes où il faut abattre du stérile dans les rampes d'accès avec les méthodes 1 et 2.

Finalement, la figure C.21 fait ressortir l'effet de l'âge des chantiers sur les coûts engendrés pour casser chaque tonne de minerai. On peut noter qu'il existe, en moyenne, une légère tendance à la hausse des coûts de matériaux et de forage par tonne cassée. Etant donné que les chantiers ont des âges comparables selon les diverses méthodes d'abattage (correspondant au jeune âge de la mine), on retrouve donc la même tendance que sur la figure C.16. Le phénomène est expliqué par un accroissement puis stabilisation des besoins de soutènement et d'équipement de soutien.

3.4 Mine D

Les résultats de cette mine ont été divisés en deux sections. La première englobe l'ensemble des chantiers et des travaux réalisés sur une base mensuelle alors que la seconde porte sur chacun des types de travaux généraux, relatifs aux cinq types de feuilles utilisées pour effectuer les compilations de la prime au rendement obtenue par les mineurs.

Sommairement, les divisions ont ainsi été effectuées:

Type de feuilles	Travaux
1	Ecaillage, boulonnage, déblayage de galeries et de cheminées ascendantes, mise en valeur...
2	Travaux divers, travaux d'entretien, préposés au treuil ou à la cage.
3	Déblayage de production (912,915).
4	Forage longs trous, marteau plongeur.
5	Inspection, boutefeu, contremaître de relève, pose de trémies, travaux de construction.

3.4.1 Résultats portant sur l'ensemble de la mine sur une base mensuelle

3.4.1.1 Nombre de tonnes cassées vs les périodes mensuelles du relevé

La figure D.1 montre l'évolution de la production sur une base mensuelle au cours des 2 années couvertes par le relevé. En

moyenne, on retrouve environ 40 000 tonnes de minerai cassées par mois avec des fluctuations plus ou moins importantes autour de cette valeur, particulièrement pour la période 15 où le nombre de tonnes cassées était supérieur à 180 000 (non illustré sur la figure) et la période 21 où cette valeur était nulle. En fait, la méthode d'abattage du minerai, qui en est une en vrac, permettait de prévoir qu'il pouvait exister de telles variations autour de la moyenne en fonction du temps.

3.4.1.2 Nombre de tonnes préforées vs période mensuelle du relevé

Le nombre de tonnes totales préforées à la fin de chaque période est illustré sur la figure D.2. Tel qu'illustré sur la figure précédente, il existe certaines fluctuations autour de la moyenne des 45 000 tonnes préforées. D'ailleurs, dans la majeure partie des cas, la superposition des deux premières figures permet de réaliser que les points hauts sur une figure correspondent aux points bas sur l'autre, et vice versa. Ce phénomène est tout à fait normal car lorsque le nombre de tonnes préforées est grand, c'est qu'il y a eu peu de tonnes cassées. De plus, la différence de 5 000 tonnes préforées de plus que de tonnes cassées par période indique une bonne planification à la mine.

3.4.1.3 Nombre de tonnes cassées au début vs période mensuelle du relevé

Sur la figure D.3, on peut voir l'évolution des réserves cassées se trouvant dans les chantiers au début de chaque période de

travail. On note qu'il existe une tendance à la hausse des réserves de minerai dans les chantiers jusqu'à la période 16, suivie d'une diminution relativement constante. Il est à noter que les valeurs négatives observées aux périodes 4, 5, et 6 sont dues au soutirage supplémentaire dans les chantiers par rapport aux estimations des réserves qui auraient été sautées. Ceci peut constituer, en bonne partie, de la dilution non prévue du minerai.

L'accroissement des réserves en chantier retrouvé au cours des 16 premières périodes du relevé aurait pu être expliqué par un plus grand nombre de chantiers en production, et donc, par une plus grande dispersion des réserves. Cependant, suite à une vérification des fichiers de données, cette hypothèse a dû être rejetée. Une autre hypothèse, qui ne peut cependant pas être vérifiée, concerne le fait qu'il semble avoir existé une surcapacité de production par rapport au transport de minerai, probablement associée à une période d'expansion à la mine, qui une fois ajustée, permet d'expliquer la baisse subséquente des réserves en chantier. Egalement, ce phénomène peut être dû au bris simultané des deux foreuses à marteau-plongeur.

3.4.1.4 Nombre de tonnes cassées par livre d'explosif vs période mensuelle du relevé

La figure D.4 montre l'évolution du nombre de livres d'explosif par tonne de roche cassée (facteur poudre) au cours des périodes couvertes par le relevé. L'examen détaillé de la figure montre qu'il a existé une légère tendance à la hausse du facteur poudre

au fil du temps passant en moyenne de 0,72 à 0,77. Ceci semble indiquer qu'en moyenne une plus grande quantité d'explosif, en terme de poids, a été utilisée pour casser le même tonnage de minerai à la fin de la période couverte par le relevé par rapport au début. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette tendance et ceux-ci seront soulevés dans la présentation des prochaines sections (3.4.1.5 à 3.3.1.8).

3.4.1.5 Coûts d'explosif par tonne vs période mensuelle du relevé

Dans le même sens que pour la figure D.4, la figure D.5 montre qu'il existe une tendance moyenne à la hausse des coûts d'explosif par tonne cassée en fonction du temps. Quoique celle-ci soit relativement faible, elle a pour effet d'accroître les coûts de production.

3.4.1.6 Pourcentage d'explosif vs coût d'explosif par tonne

Quatre types d'explosif sont utilisés à cette mine pour effectuer le sautage du minerai. Les agents de sautage (Anfo et Tovex) sont utilisés pour le sautage primaire et représentent la grande partie de la consommation (figure D.6), alors que les deux autres (Cordets et bâtons d'explosif) servent pour relier les trous de forage et pour les sautages secondaires (figure D.7). Ainsi, les figures D.6 et D.7 montrent l'évolution des coûts totaux d'explosif par tonne selon la proportion utilisée pour chacun des explosifs. Sur la figure D.6, il existe une nette tendance à la hausse des coûts

d'explosif par tonne, lorsque la proportion de Tovex s'accroît et, à l'inverse, les coûts par tonne diminuent lorsque la quantité relative de Anfo augmente. Ce résultat était tout à fait prévisible, étant donné les coûts moindres de l'explosif en vrac Anfo qui est efficace pour les trous de forage secs. La meilleure solution théorique serait d'utiliser uniquement l'explosif de type ANFO dans le but évident de minimiser les coûts d'explosif par tonne de roche cassée. Cependant, cette solution n'apparaît pas comme pratique alors qu'elle ne tient aucunement compte des contraintes particulières de la production (trous mouillés, facteur poudre, etc.).

En ce qui concerne la figure D.7, l'accroissement de l'utilisation de l'accessoire CORDETS est accompagnée par une augmentation des coûts d'explosif par tonne. Ceci est probablement dû à une relation de l'utilisation des CORDETS et du TOVEX lors des sautages.

3.4.1.7 Pourcentage d'explosif vs les période mensuelle du relevé

Comme on l'a observé précédemment sur la figure D.6, les coûts d'explosif par tonne augmentent lorsque la proportion de Tovex s'accroît et la figure D.5 a montré une augmentation des coûts d'explosif par tonne en fonction du temps. La figure D.8 sert donc à vérifier si la consommation de Tovex s'est accrue en fonction du temps.

En effet, en examinant les figures D.5 et D.8, on note que la hausse notée précédemment sur la figure D.5 est directement reliée au niveau de consommation de l'explosif Tovex par rapport à celui du Anfo. Il faut donc s'assurer que l'utilisation de l'explosif Tovex soit justifiée (i.e. trous mouillés seulement), afin d'éviter d'accroitre les coûts inutilement.

On peut également croire que le niveau de fragmentation de la roche s'est amélioré au fil du temps. Il faudrait évidemment vérifier si ce résultat a été obtenu, par nécessité et, selon le cas, évaluer la possibilité de modifier légèrement le chargement (bourre) afin de conserver un facteur poudre assez constant, particulièrement dans les secteurs de la mine reconnus comme mouillés.

3.4.1.8 Nombre de tonnes cassées vs coûts d'explosif par tonne

Sur la figure D.9, on montre le nombre de tonnes cassées en fonction des coûts d'explosif par tonne de minerai cassé . Cette figure montre l'effet de la dimension des sautages sur les coûts d'explosif par tonne de minerai sauté. Mis à part les quatre points égarés (points encerclés), on note qu'il existe une tendance à la hausse des coûts d'explosif par tonne lorsque le nombre de tonnes cassées diminue. Il existe certaines fluctuations autour des moyennes dues aux variations d'utilisation des explosifs Anfo et Tovex au fil des périodes, telles qu'indiquées précédemment.

On remarque que lorsque le Tovex est utilisé, on procède à de plus petits sautages et que les coûts d'explosif par tonne augmentent.

3.4.1.9 Nombre de tonnes soutirées vs nombre de godets

La figure D.10 relie le nombre de tonnes soutirées et le nombre de godets de chargeuses requis pour extraire ce tonnage. Tel qu'espéré, le nombre de tonnes soutirées augmente lorsque le nombre de godets s'accroît. De plus, il existe très peu de fluctuations autour de la moyenne, sauf pour les cas où le nombre de godets est grand et où les variations sont supérieures. Cependant, il semble exister une tendance à la baisse du nombre de tonnes soutirées par godet lorsque le nombre de godets soutirés augmente. Ainsi, lorsque le nombre de godets était de 6 000 en moyenne, on a obtenu environ 35 750 tonnes, ce qui représente 5,96 tonnes par godet.

En appliquant ce facteur moyen pour diverses valeurs du nombre de godets, on obtient le tableau suivant:

		Nombre de tonnes soutirées		
Nombre godets 1	Facteur 2	Valeur estimée 1 x 2	Valeur mesurée 3	Facteur individuel 3 ÷ 1
6 000	5.9583	35 750	35 750	5.958
7 000	5.9583	41 700	40 500	5.786
8 000	5.9583	47 670	45 500	5.688
9 000	5.9583	53 625	49 750	5.528
10 000	5.9583	59 580	54 500	5.450
11 000	5.9583	65 540	59 250	5.386
12 000	5.9583	71 500	63 500	5.292

Le fait que l'ordonnée à l'origine soit différente de zéro (b=8251) indique qu'il existe un facteur de chargement du godet variable. Il existe diverses raisons pouvant expliquer ce phénomène. La première concerne la réduction de la proportion de voyages artificiels avec l'intensité du travail. La seconde a trait à l'efficacité de chargement réduite, due à la fatigue des opérateurs. Cette possibilité est sûrement réelle, surtout lorsqu'on considère le plateau atteint entre 11 000 et 12 000

godets transportés. L'évolution du facteur de remplissage du godet ne peut être expliquée simplement que par des variations de granulométrie du minerai cassé, particulièrement pour de hauts niveaux d'activité, qui sont habituellement synonymes de meilleures conditions de chargement du minerai.

Finalement cette dernière raison est possiblement liée à l'affectation occasionnelle de certains mineurs au soutirage qui, par manque d'expérience et/ou d'entraînement, obtiennent une efficacité moindre. Cette figure fait ressortir, une fois de plus, l'importance de la formation de chaque mineur à son poste de travail, non seulement pour des raisons de sécurité mais également pour des raisons de productivité.

3.4.2 Résultats portant sur chacun des types de travaux généraux

Il existe cinq types de feuilles pour le calcul du boni des travailleurs à cette mine, basées sur les types de travaux généraux effectués, tel que mentionné précédemment.

Parmi celles-ci, il y en a deux qui offrent une prime au rendement pour des travaux particuliers tels que le boulonnage, le développement des ouvertures horizontales ou verticales, le nombre de tonnes déblayées et le forage de production.

Ainsi, pour les feuilles de calcul de boni de type 1, les travaux suivants sont considérés: le nombre de tonnes déblayées, l'avance

mesurée en pieds linéaires, l'avance mesurée en pieds cubes et la section couverte par le boulonnage. Les feuilles de type 4, quant à elles, considèrent le nombre de pieds linéaires équivalents de forage.

3.4.2.1 Boni par homme-poste total vs période du relevé

Les figures D.11 à D.15 inclusivement montrent l'évolution de la prime au rendement par homme-poste en fonction des périodes du relevé, en considérant l'ensemble des points recueillis pour chacun des cinq types de contrat.

Les constatations suivantes peuvent être faites en examinant ces figures:

- la prime au rendement moyenne par homme-poste s'est accrue d'environ 20% dans quatre cas sur cinq sur 2 ans, alors que seul le contrat de type 2 montre une légère tendance à la baisse (12%);

- on peut noter de très grandes fluctuations pour le boni par homme-poste pour chacun des types de contrat, sauf le contrat de type 3 à compter de la seizième période où les variations ont grandement diminué;

- les primes au rendement par homme-poste se situent en moyenne entre 10 et 20 dollars pour les contrats des types

2, 3 et 5 alors que ces primes se situent à plus de 30 dollars pour les contrats des types 1 et 4, qui représentent cependant les tâches les plus exigeantes (i.e. la mise en valeur et le forage de production).

- à noter l'inflation très forte au cours de la période couverte par le travai

3.4.2.2 Boni par homme-poste total vs nombre de mineurs

Les figures qui suivent (D.16 à D.20 inclusivement) montrent l'influence sur l'octroi de la prime au rendement du nombre de mineurs qui sont affectés à un contrat particulier au cours d'une période de travail. Les résultats obtenus montrent de grandes fluctuations autour de la moyenne pour chacun des types de contrat. De plus, il n'existe aucune tendance générale sur l'ensemble des cinq figures alors que deux contrats montrent des pentes moyennes négatives et que les trois autres contrats montrent des tendances positives.

Seul le type de contrat numéro 4 montre une vraie tendance à la hausse du boni par homme-poste lorsque le nombre de mineurs augmente, mais toujours en présentant certaines fluctuations. Cependant, on ne retrouve qu'occasionnellement plus de 3 mineurs affectés à ce type de contrat.

3.4.2.3 Evolution de certains facteurs dans le temps pour les feuilles de contrat de type 1

L'ensemble des informations reliées au type de contrat numéro 1 ont été cumulées par période de travail afin de vérifier l'évolution de certaines variables dans le temps (figures D.21 à D.27 inclusivement).

Ainsi, la figure D.21 montre que le nombre total d'heures réalisées pour le type de contrat numéro 1 a diminué sensiblement au cours des périodes, ce qui signifie que moins de travaux de développement ont été exécutés, passant en moyenne de 15 mineurs à environ 10 sur les deux ans du relevé, sur une base de 176 heures par période, ce qui est raisonnable, en raison de la fin d'une expansion de la production à la mine.

De façon similaire, on retrouve en moyenne, que les sommes versées à ces mineurs sous forme de prime au rendement ont diminué en fonction du temps (figure D.22). Cependant, tel que démontré sur la figure D.23, la prime au rendement a diminué proportionnellement plus lentement que le nombre d'heures travaillées, ce qui fait en sorte que le boni par homme-poste s'est accru au cours de la même période, passant en moyenne de 33 à 42 dollars par homme-poste.

Les quatre figures suivantes (D.24 à D.27 inclusivement) montrent l'évolution réalisée pour les divers travaux au cours des périodes couvertes par le relevé. L'analyse de ces figures indique que ces tâches (avances en pieds linéaires (mise en valeur) et en pieds

cubes (déblayage, boulonnage)) sont effectuées de façon plus ou moins cyclique et non de façon continue, ce qui rend impossible l'obtention d'un modèle d'estimation représentant ces variables. Il est donc impossible de porter un jugement sur la distribution de ces travaux, sauf qu'il apparaît que pour les 10 premières périodes, les travaux ont été réalisés particulièrement pour le développement vertical alors que les suivantes ont davantage été utilisées au développement horizontal (figure D.22).

3.4.2.4 Evolution de divers facteurs dans le temps pour les feuilles de contrat de type 4

Comme pour la section précédente, l'ensemble des informations du type de contrat numéro 4 ont été cumulées par période de travail afin d'analyser l'évolution de quelques variables dans le temps (figures D.28 à D.32 inclusivement).

Sur la figure D.28, on note qu'il existe une tendance moyenne à la baisse du nombre total d'heures travaillées pour ce type de contrat, avec de grandes fluctuations d'une période mensuelle à l'autre. Ceci semble indiquer que ces travaux de forage de production sont très variables en quantité, et qu'ils sont faits sur une base plus ou moins cyclique (cycle de préparation d'un chantier suivi du forage de production).

Egalement et tel qu'attendu, la figure D.29 montre que la prime au rendement suit la même tendance que les heures travaillées. D'ailleurs, en superposant les deux figures, on retrouve

sensiblement les mêmes déplacements entre les périodes, ce qui indique que pratiquement le même rendement au travail a été offert par les mineurs au cours des périodes mensuelles, avec quelques variations dues aux diverses tâches à réaliser.

Cependant, l'examen de la figure D.30, qui montre une tendance générale à la hausse de la prime au rendement par homme-poste, permet de réaliser que, dans plusieurs cas, le niveau de prime au rendement par homme-poste est directement relié au nombre total d'heures travaillées à chaque période (comparaison avec la figure D.28). Ainsi, lorsque le nombre total d'heures travaillées est élevé, la prime au rendement par homme-poste versée aux mineurs est également élevée en général, et vice versa. Ce phénomène est possiblement lié à des questions d'urgence de production (montants discrétionnaires), ou à des taux variables selon le niveau de rendement.

La figure suivante (D.31) indique que le nombre de pieds linéaires équivalents a diminué graduellement en fonction du temps couvert par le relevé avec quelques fluctuations autour de la moyenne. Cette figure permet donc de réaliser que d'autres tâches doivent être réalisées par les mineurs affectés à ce type de travail, si on compare les variations rencontrées sur cette figure à celles de la figure D.28.

Finalement, la figure D.32 montre que la prime au rendement par pied linéaire équivalent de forage a augmenté en fonction du temps,

avec seulement trois points qui s'éloignent davantage de la moyenne. D'ailleurs, ces trois observations correspondent à des périodes où le nombre de pieds linéaires équivalents était en-dessous de la moyenne (figure D.31).

3.5 Mine E

3.5.1 Tonnes cassées par homme-poste vs méthodes d'abattage

La figure E.1 illustre le nombre de tonnes exploitées par homme-poste en fonction des trois principales méthodes d'abattage du minerai utilisées à cette mine pour la période couverte par le relevé soit :

- méthode 1 : chambres remblayées
- méthode 2 : chambres magasins
- méthode 3 : récupération de piliers

Malgré de grandes variations autour de la moyenne, la méthode d'abattage par chambres magasins présente la moyenne la plus élevée du nombre de tonnes cassées par homme-poste. En fait, celle-ci présente une moyenne supérieure d'environ 50% par rapport à la méthode 1 et d'environ 135% par rapport à la méthode 3. Uniquement au point de vue productivité, on réalise que la méthode par chambres magasins est relativement intéressante. Par contre, il faut également considérer la sécurité des travailleurs, la largeur des chantiers, la dilution potentielle du minerai et les coûts associés à chaque méthode dans le but d'optimiser le rendement global de la mine.

3.5.2 Pieds de forage de production par homme-poste vs méthode d'abattage

Dans le même ordre d'idée que la figure précédente, la figure E.2 présente le nombre de pieds de forage de production par homme-poste pour chacune des trois méthodes d'abattage du minerai. Une fois de plus, il existe proportionnellement de grandes variations autour des moyennes pour chaque méthode d'abattage, ce qui est normal étant donné les diverses tâches à réaliser à chaque homme-poste, autres que du forage de production, telles que le boulonnage, l'écaillage, le déblayage, le raclage, etc. L'information requise, même si elle ne pouvait être qu'approximative, serait le nombre d'hommes-postes consacrés au forage de production comme tel. Il est possible que, dans la période couverte par le relevé, la quantité de soutènement requise afin de récupérer les piliers ait été considérable, ce qui réduit le temps disponible pour les autres activités, dont le forage de production.

Le nombre moyen de pieds forés par homme-poste total varie considérablement étant de 1,9, 4,8 et 0,3 respectivement pour les méthodes d'abattage 1, 2 et 3.

3.5.3 Tonnes cassées par pied de forage de production vs méthode d'abattage

La figure E.3 montre le nombre de tonnes cassées par pied de forage de production pour chacune des trois méthodes d'abattage du minerai. Il faut noter que les écarts qui apparaissent relativement grands autour de la moyenne ne sont causés que par

quelques observations isolées. A remarquer que l'élimination des pieds de forage nuls par période (fig.2) modifient les moyennes relatives par rapport à celles apparaissant sur les figures E.1 et E.2. Par conséquent, les valeurs de la figure E.3 diffèrent de la simple division des valeurs des figures précédentes.

Le nombre de tonnes cassées par pied foré pour la production est deux fois moindre pour la méthode par chambres magasins par rapport aux deux autres méthodes d'abattage. Ceci est probablement dû aux diamètres différents des trous de forage qui guident la sélection des patrons de forage.

3.5.4 Nombre de boulons installés par tonne cassée vs méthode d'abattage

La figure E.4 qui présente le nombre de boulons installés par tonne cassée pour les trois méthodes d'abattage du minerai, montre des valeurs moyennes semblables pour les méthodes 1 et 2 alors que très peu de boulons ont à être installés pour la méthode 3 qui utilise du boisage comme support.

Il existe, tout comme observé sur les figures précédentes, de grandes variations autour de la moyenne mais ne regroupant que quelques points aux valeurs maximales, ce qui signifie que quelques endroits nécessitent plus de soutènement que le patron de base.

A remarquer que le nombre moyen de boulons installés par tonne de roche cassée est relativement élevé à 0,28 et 0,22 pour les méthodes par chambres remblayées et par chambres magasins.

3.5.5 Boni par tonne cassée vs méthode d'abattage

La figure E.5 montrant la prime au rendement par tonne cassée offerte aux mineurs pour les trois principales méthodes d'abattage utilisées à cette mine, indique des variations importantes autour de la moyenne, dépendant des tâches réalisées. Les moyennes se situent à 2,2 , 1,4 et 3,8 respectivement pour les méthodes 1, 2 et 3. Ainsi, la méthode 2 qui montre le plus haut niveau de productivité (figure E.1), en terme de tonnes par homme-poste, présente la prime au rendement par tonne cassée la plus faible. Ceci indique qu'une plus grande partie des travaux réalisés dans les chantiers chambres magasins ont trait à la production du minerai. Cette figure semble aussi démontrer que la mine tente, en général, d'uniformiser la prime par homme-poste obtenue dans les différents types de chantiers et méthodes d'abattage.

3.5.6 Evolution de diverses variables en fonction de la période mensuelle du relevé

Cette section (figures E.6 à E.56), présente l'évolution moyenne d'une série de variables au fil des périodes couvertes par le relevé pour chacune des trois principales méthodes d'abattage utilisées, lorsque l'information était disponible, soit:

- méthode 1 : abattage par chambres remblayées
- méthode 2 : abattage par chambres magasins
- méthode 3 : récupération de piliers

Ces analyses ont pour but de bien visualiser l'évolution de la mine dans le temps pour ensuite utiliser ces informations et tenter d'expliquer certains comportements retrouvés sur les figures des sections suivantes.

Les figures E.6 à E.8 montrent l'évolution du nombre de mineurs ayant oeuvrés à chacune des méthodes d'abattage au cours des quatre périodes du relevé. La méthode 1 montre une nette tendance à la baisse du nombre de mineurs, passant de 130 en moyenne au début à environ 80 vers la fin, soit une diminution de l'ordre de 40%. D'ailleurs, cette méthode a cessé d'être utilisée, quelque temps après la période couverte par le relevé. On note sensiblement la même situation pour la méthode 2, alors que le nombre moyen de mineurs est passé de 140 à 100 environ. Cependant, une tendance inverse est retrouvée pour la méthode 3, à l'exception des trois dernières périodes où l'on note une nette diminution du nombre de mineurs, pour revenir au même nombre qu'au début. Ces trois figures tendent à illustrer un ralentissement des opérations à cette mine au cours du relevé, ce qui a eu pour effet de diminuer la force ouvrière globale. Il faut aussi supposer que d'autres méthodes d'abattage ont pu remplacer celles en usage, après la période du relevé.

Les figures E.9 à E.11, présentant le nombre d'hommes-postes en fonction des périodes mensuelles du relevé, viennent confirmer ce qui a été présenté sur les figures E.6 à E.8 alors que le nombre d'hommes-postes total pour les trois méthodes est passé d'environ 2 000 à 1 250, soit une diminution de l'ordre de 37,5%.

Sur les trois figures suivantes, E.12 à E.14, on retrouve le nombre d'heures de travail réalisées au fil du temps, pour chaque type de temps considéré à cette mine, soit :

- heures en temps de compagnie;
- heures en temps de contremaître ("leader");
- heures en temps de minage.

La même allure que retrouvée précédemment se dessine sur ces figures où l'on note une tendance à la baisse du nombre total d'heures travaillées. Pour la méthode 1, le nombre d'heures en temps de compagnie s'est accru proportionnellement par rapport aux deux autres types de temps, mais uniquement pour les périodes centrales du relevé (10 à 16) correspondant possiblement aux périodes intensives de remblayage. La figure de la méthode 2 montre un parallélisme presque parfait entre les trois courbes tracées, ce qui s'explique par la simplicité du cycle en chambres magasins. Finalement, la figure E.14 indique pour la méthode 3, que le nombre d'heures en temps de compagnie est demeuré relativement constant, peu importe le nombre total d'heures effectuées.

Les figures E.15 à E.17 présentent le nombre de tonnes exploitées en fonction des périodes mensuelles du relevé pour les trois principales méthodes d'abattage utilisées à cette mine. Dans le même ordre d'idées que pour les figures précédentes, on note une tendance générale à la baisse du nombre de tonnes exploitées au fil du temps pour la méthode 1.

En ce qui a trait à la méthode 2, il existe de grandes variations du nombre de tonnes exploitées. Le nombre moyen de tonnes exploitées est en somme demeuré relativement constant dans le temps avec une tendance à la hausse si l'on ne considère pas les deux premières périodes.

La méthode 3 montre une tendance à la hausse après six ou sept périodes, suivie d'une baisse plus ou moins constante. En terme de production moyenne totale, par les trois méthodes, celle-ci a diminué de l'ordre de 33,8% passant de 37 000 à 24 500 tonnes. Cette diminution, en terme de pourcentage, est du même ordre de grandeur que la diminution du nombre d'hommes-postes.

Sur les figures E.18 à E.20, on retrouve le nombre de tonnes exploitées par homme-poste pour chaque méthode d'abattage. Les moyennes illustrées sur la figure E.1 et rapportées sur ces figures, sont retrouvées avec certaines fluctuations autour de celles-ci, particulièrement pour la méthode 2 où il existe de grands déplacements. Pour ce qui est de la méthode 3, outre la moyenne illustrée, on note une tendance à la hausse du nombre de

tonnes exploitées par homme-poste, qui est probablement associée à l'apprentissage de cette méthode.

Les figures E.21 et E.22 montrent que le nombre de tonnes cassées par pied de forage de production a eu tendance à décroître légèrement en moyenne dans le temps pour les méthodes d'abattage 1 et 2. La méthode 3 n'a pas été mise sur graphique étant donné le peu d'observations. Pour ce qui est des méthodes 1 et 2, la diminution moyenne illustrée est accompagnée de grandes variations autour de la moyenne.

Les figures E.23 et E.24 illustrent le nombre de pieds de forage de production, uniquement pour les méthodes 1 et 2, en fonction des périodes mensuelles du relevé. Ces figures ne laissent ressortir aucune tendance générale, si ce n'est qu'une alternance des crêtes et des creux à presque toutes les périodes. Ceci fait ressortir l'aspect cyclique des travaux en chantiers. On note tout de même une tendance à la hausse du nombre de pieds forés pour la méthode 1, possiblement due au blocage des trous de forage, qui doivent par la suite être refaits.

Tel que retrouvé sur les deux figures précédentes, les figures représentant le nombre de pieds de forage de production par homme-poste (figures E.25 et E.26) montrent de grandes variations entre les périodes du relevé. D'ailleurs, vu la multitude des tâches et des cycles de production, il n'est pas surprenant de retrouver ces tendances. Il serait cependant intéressant de retrouver dans les

informations disponibles de l'industrie, le nombre d'hommes-postes affectés au forage de production comme tel, afin de mesurer l'efficacité des opérateurs et des équipements de forage.

Les figures suivantes, E.27 à E.29, présentent la prime au rendement offerte aux mineurs pour chaque méthode d'abattage au cours des vingt-quatre périodes de relevé. Sauf pour quelques exceptions, la superposition de ces figures avec les figures E.9 à E.11 (nombre d'hommes-postes) ou encore E.15 à E.17 (tonnage de minerai) permet de constater le même genre de déplacements entre les périodes. Ainsi, pour les méthodes 1 et 2, on note une tendance à la baisse de la prime au rendement alors que pour la méthode 3, on retrouve une hausse, en moyenne, avec de très grandes fluctuations, qui sont associées aux variations du nombre de chantiers en production dans le temps, tel que constaté précédemment.

Les figures E.30 à E.32 montrent des variations de la prime au rendement par tonne cassée pour les diverses périodes mensuelles du relevé et pour chaque méthode d'abattage du minerai. Une fois de plus, on réalise que l'estimation d'une variable en se basant uniquement sur une analyse simple en 2D est difficile à accomplir. Ainsi, il existe sur chacune des trois figures des variations importantes autour des moyennes, reliées aux diverses tâches à réaliser en chantier qui sont bonifiées à différents taux. Ainsi, lorsque le forage de production est réalisé, les taux de boni sont

supérieurs à ceux des périodes subséquentes, particulièrement pour la méthode 3.

D'ailleurs, les figures E.33 à E.35 servent à illustrer une de ces tâches, soit le boulonnage du terrain. La figure E.33 montre le nombre de boulons installés (5, 7 et 9 pieds) à chaque période pour la méthode 1. Les boulons de 9 pieds sont très peu utilisés alors que ceux de 5 et 7 pieds plus fréquents, les boulons de 5 pieds étant probablement ancrés au toit du chantier, alors que ceux de 7 pieds le sont dans les épontes. Il faut noter qu'en comparant cette figure avec celle repésentant le nombre de pieds de forage de production (figure E.23), on réalise que les points creux sur cette dernière ne correspondent pas aux points crêtes de la figure E.33 (regarder, entre autres, les périodes 6 à 8). Il en est presque de même pour la figure E.34 (méthode 2), où l'on installe majoritairement des boulons de 5 pieds, lorsque comparée à la figure E.24. Ceci signifie que les travaux réalisés lorsqu'il n'y a pas de forage de production, ne sont pas uniquement des travaux de boulonnage. Pour ce qui est de la méthode 3, il s'effectue du boulonnage sur une base sporadique et peu dense (boulons de 5 et 7 pieds), mais la figure E.4 avait déjà permis de conclure qu'il ne s'agit pas de la principale technique de soutènement.

Les figures E.36 à E.38 présentent le nombre de boulons installés par tonne cassée de minerai pour les trois méthodes d'abattage. Malgré de grandes variations, la méthode 1 montre une tendance à la hausse du nombre de boulons installés par tonne cassée. Ceci

indique, en comparant avec la figure E.15 où l'on retrouvait une tendance à la baisse de la production, que les activités de boulonnage se sont poursuivies sensiblement au même rythme (figure E.33) à cause d'un contrôle plus ardu du terrain. La figure E.37, concernant la méthode 2, montre plusieurs variations au cours des dix-huit premières périodes. Cependant, au cours des six dernières périodes, on remarque une tendance à la baisse du nombre de boulons installés par tonne cassée probablement associée à une production stable. Finalement, la figure E.38 (méthode 3), indique que très peu de boulons sont installés par tonne de roche cassée (maximum de 0.08) avec une moyenne relativement constante, ce qui est normal en considérant la méthode d'abattage utilisée. Il semble donc, compte tenu des variations d'intensité du boulonnage, que le patron d'ancrage n'est pas constant, mais adapté aux conditions de terrain rencontrées.

Sur les figures E.39 à E.41, on retrouve le nombre de poteaux installés à chaque période mensuelle pour les trois principales méthodes d'abattage du minerai. Pour les deux premières figures, on retrouve sensiblement le même comportement que sur les figures E.33 et E.34 qui ont trait à l'installation des boulons. Il semble donc que l'on pose systématiquement des boulons et des poteaux, bien que généralement, les poteaux soient utilisés en plus grand nombre lorsque les boulons ne suffisent pas à maintenir la stabilité du terrain. Cependant, les chantiers exploités par la méthode 3 (figure E.41), ne montrent aucune tendance ou relation avec les figures précédentes en ce qui concerne l'installation de

poteaux de soutènement. A noter qu'on utilise une grande quantité de poteaux dans le but de stabiliser adéquatement le toit du chantier, surtout quand le terrain ne permet pas aux boulons à ancrage ponctuel d'assurer la stabilité de l'ouverture.

Les figures E.42 à E.46 montrent l'évolution du soutirage en chantier au fil du temps. Ainsi, les deux premières figures ont trait au déblayage sur pneumatique des chantiers (méthode 1 et 3), alors que les trois autres figures se rapportent au raclage en chantier pour les trois méthodes. Ces diverses figures correspondent relativement bien avec celles se rapportant au nombre de tonnes exploitées (E.15 à E.17), la différence étant liée à la dilution additionnelle en chantiers alors que le soutirage est effectué immédiatement suite au cassage, sauf pour la méthode 2 (chambres magasins) où l'on racle uniquement le gonflement du minerai afin de se créer un espace de travail stable, pour ensuite soutirer le reste du minerai cassé en chantier à la fin de sa vie économique; en superposant les figures E.16 et E.45, il est possible de constater que la production de minerai et son soutirage sont souvent déphasés l'un par rapport à l'autre. Finalement, une comparaison des figures ayant trait au déblayage et au raclage permet de réaliser que le soutirage du minerai se fait dans une proportion d'environ 50%-50%.

Les figures E.47 à E.49 concernent l'aménagement de clôtures de types A et G (dépendant de leurs configurations) pour permettre le remblayage hydraulique des chantiers (méthodes 1 et 3) ou pour

servir de cloisons protectrices de limitation d'accès aux chantiers par les points de soutirage vides (méthode 2). Cette tâche d'installation des clôtures s'effectue de façon sporadique et décalée légèrement par rapport à la production, tel que constaté en juxtaposant les trois figures sur celles des figures E.15 à E.17. Sur la figure E.47, on réalise en particulier que, suite à la tendance à la baisse de la production par la méthode 1 (fig. E.15), dans les trois premières périodes, on retrouve sensiblement la même constance pour la surface d'installation de clôtures à remblai. Par la suite, la somme de deux courbes n'indique pas de décroissance, malgré la cyclicité. Ceci pourrait s'expliquer par les travaux supplémentaires de remblai lorsque le chantier atteint le niveau supérieur.

Les deux figures suivantes (E.50 et E.51) présentent le nombre de tonnes de remblais hydrauliques mises en place par période pour les méthodes d'abattage 1 et 3. Une comparaison de ces deux figures avec les figures E.47 et E.49 permet de réaliser que la tâche globale d'installation des clôtures est supérieure dans les chambres remblayées, ce qui déphase légèrement les crêtes. Par contre, pour la méthode 3, on retrouve les points élevés correspondant aux mêmes périodes. D'ailleurs, la méthode 3 nécessite une quantité de remblai bien inférieure par rapport à la méthode 1, ce qui permet de remblayer en un court laps de temps.

Sur les figures E.52 à E.54, on retrouve le nombre de pieds d'ouvertures verticales créées ou aménagées pour accéder à la place

de travail ou pour extraire le minerai des chantiers. Une fois de plus, l'examen de ces figures permet de réaliser que ces tâches sont effectuées sur une base cyclique qui ne correspond pas nécessairement aux points creux de production (figures E.15 à E.17). Par contre, on peut constater un certain déclin des monteries dans la méthode 2, signe précurseur d'une réduction future de l'importance relative de cette méthode à la mine.

Finalement, les figures E.55 et E.56 illustrent la quantité de parement (ouverture latérale du roc) sautée pour les méthode 1 et 2. En ce qui a trait à la méthode 1, une comparaison de cette figure avec la figure E.15 permet de retrouver des tendances très similaires au fil des périodes, et une réduction de cette pratique. Ce n'est pas le cas pour la méthode 2 en comparant à la figure E.16.

3.5.7 Nombre de tonnes cassées vs nombre d'hommes-postes

Les figures E.57 à E.59 illustrent les tonnes cassées en fonction du nombre d'hommes-postes pour les méthodes d'abattage par chambres remblayées (1), par chambres magasins (2) et récupération de piliers (3). Chaque points se trouvant sur ces figures et les figures suivantes pour la mine E, représente une observation dans un chantier particulier au cours d'une période mensuelle de travail. Ces figures détaillent la figure E.1.

Tel qu'attendu en considérant les figures précédentes, il existe une tendance à la hausse du nombre de tonnes cassées lorsque le nombre d'hommes-postes s'accroît, mais avec de grandes variations autour des moyennes pour chaque méthode d'abattage. Ces fluctuations sont dues aux diverses tâches à réaliser en chantier, soit le forage, le sautage, l'écaillage, le boulonnage, le soutirage, le raclage, le remblayage, etc. On ne peut illustrer toutes ces tâches sur une figure en 2D. C'est la raison d'être d'une analyse de régression multiple qui sert à interrelier l'ensemble de ces variables dans le but de vérifier en partie l'organisation du travail en chantier. Ceci fera l'objet d'une discussion plus détaillée au chapitre 5.

Selon les pentes observées sur les figures étudiées, on exploite en moyenne 13 tonnes par homme-poste pour la méthode 1, 23 pour la méthode 2 et seulement 8 pour la méthode 3. Ces valeurs permettent de mieux évaluer la rentabilité d'un chantier à mettre en production par ces méthodes à la mine considérée.

3.5.8 Nombre de tonnes cassées vs nombre de pieds de forage de production.

Sur les figures E.60 et E.61, on trouve illustré le nombre de tonnes cassées en fonction du nombre de pieds de forage de production pour les méthodes d'abattage 1 et 2. Le grand nombre de points, retrouvés lorsqu'aucun pied de forage n'a été effectué et que du minerai a été cassé, semble démontrer que les méthodes d'abattage par chambres remblayées et par chambre magasins, qui

sont des méthodes sélectives, ont été utilisées sur une base en vrac, alors que le minerai était cassé uniquement lorsque la tranche était entièrement forée. Ce résultat vient en bonne partie, expliquer les grandes dispersions retrouvées sur les figures E.57 et E.58 en plus d'invalider les résultats obtenus sur les figures E.2 et E.3 (forage par homme-poste et tonnes par pied de forage) car en général, on n'a aucun forage de production pour un grand nombre de tonnes cassées.

3.5.9 Nombre de tonnes cassées par homme-poste vs nombre de mineurs

Les figure E.62 à E.64 montrent les variations des tonnes cassées par homme-poste en fonction du nombre de mineurs affectés à chaque chantier, par période mensuelle du relevé, pour les trois méthodes d'abattage étudiées. Les barres illustrées pour chaque nombre de mineurs représentent les valeurs minimales, maximales et moyennes (reliées les unes aux autres).

La figure E.62, pour la méthode d'abattage 1, montre une tendance à la hausse du nombre de tonnes cassées par homme-poste. Par contre, l'examen du comportement des valeurs moyennes permet d'observer, en général, une hausse du nombre de tonnes cassées par homme-poste jusqu'à 8 mineurs suivie d'une baisse, sauf pour le point moyen à 16 mineurs qui remonte.

Ceci semble indiquer que la mine affectait jusqu'à 8 mineurs à ces chantiers pour l'exploitation alors que les autres mineurs étaient nécessaires pour les tâches connexes, en particulier le remblayage.

En ce qui a trait à la méthode 2, figure E.63, on retrouve des valeurs moyennes stables, peu importe le nombre de mineurs affectés aux chantiers. La légère tendance à la baisse de la droite de régression est due aux valeurs des extrémités qui sont élevées pour un petit nombre de mineurs et basses pour un grand nombre de mineurs.

Finalement, pour la méthode 3, les valeurs illustrées sur la figure E.64 permettent de constater, suite à l'élimination des bouts extrêmes où l'on retrouve peu d'observations, qu'on retrouve un nombre de tonnes par homme-poste relativement constant, en moyenne, peu importe le nombre de mineurs affectés à un chantier au cours d'une période de travail. Ceci signifie que les personnes additionnelles en chantier devenaient essentielles, afin de maintenir le niveau de production du groupe. De plus, lorsque des équipes différentes, non familières avec les lieux, y étaient utilisées, ceci n'affectait pas de façon significative leur rendement dans ce chantier. On réalise tout de même, suite à ces figures, qu'il faut tendre à affecter, sur une base aussi continue que possible, les mineurs aux mêmes chantiers, dans le but d'éliminer le facteur d'apprentissage requis dans un nouvel environnement de travail.

3.5.10 Nombre de pieds de forage de production par homme-poste vs nombre de mineurs

Sur les figures E.65 et E.66, on retrouve le nombre de pieds de forage de production par homme-poste en fonction du nombre de mineurs affectés à chaque chantier au cours des périodes du relevé. On note sensiblement les tendances horizontales déjà obtenues sur les figures précédentes (figures E.62 et E.63). Ceci est dû aux méthodes d'abattage sélectives utilisées en vrac à cette mine, de sorte que, dans un certain nombre de cas, une bonne quantité de forage a été réalisée suite à une activité de remblayage (donc plusieurs mineurs), ce qui tend à conserver la pente nulle plutôt que négative. On réalise tout de même, suite à ces figures, qu'il faut tendre à affecter sur une base aussi continue que possible les mineurs aux mêmes chantiers dans le but d'éliminer le facteur d'apprentissage requis dans un nouvel environnement de travail.

3.5.11 Prime au rendement vs nombre d'hommes-postes

Les figures E.67 à E.69 illustrent la prime au rendement versée aux mineurs en fonction du nombre d'hommes-postes réalisé pour les trois méthodes d'abattage. A noter qu'il existe beaucoup de dispersion autour des droites moyennes, dues aux diverses activités réalisées en chantier (sautage, boulonnage, forage, soutènement, remblayage...) qui sont bonifiées, habituellement, suivant des taux différents. D'autres facteurs peuvent également justifier ces fluctuations, tel qu'il en sera discuté dans les sections suivantes.

3.5.12 Prime au rendement vs nombre de pieds de forage de production

Les figures E.70 et E.71 montrent l'influence du forage de production dans l'octroi de la prime au rendement pour les méthodes d'abattage 1 et 2. L'examen de ces deux figures permet de réaliser qu'il n'existe aucun lien entre ces deux variables alors que pour la majeure partie des observations, il existe une rémunération au rendement sans qu'aucun travail de forage n'ait été réalisé. En ce qui a trait aux autres points, on ne retrouve aucune tendance particulière (forte dispersion des points). A noter la grande similarité de ces figures et des figures E.60 et E.61.

Il semble donc que l'octroi de la prime au rendement soit lié à d'autres tâches ou d'autres facteurs que le forage de production.

3.5.13 Prime au rendement vs nombre de tonnes cassées

L'examen des figures E.72 à E.74 permet de réaliser que la prime au rendement est directement liée au nombre de tonnes cassées et, dans une moindre proportion, aux autres tâches à réaliser pour l'obtention du minerai. Ceci explique les quelques variations obtenues autour des moyennes pour chacune des méthodes, soit 1,57, 1,35 et 3 dollars par tonne cassée.

Ceci constitue une approche simple et intéressante, mais elle doit prévoir une rotation limitée du personnel entre les chantiers, afin de bonifier les travailleurs sur une base équitable, ou encore de

prévoir un correctif sur l'octroi du boni, afin de rémunérer adéquatement la participation de chacun à la production.

3.5.14 Boni par tonne cassée vs nombre de tonnes par homme-poste

L'étude des figures E.75 à E.77, examinant la relation entre le boni par tonne cassée et le nombre de tonnes cassées par homme-poste, permet de réaliser qu'il existe des tendances différentes selon la méthode d'abattage et ce, pour des raisons trouvées dans les figures précédentes qui ont trait à l'ajustement du boni dans le temps en fonction des autres tâches réalisées.

Ainsi, pour la méthode 1, on note une diminution du boni par tonne lorsque le nombre de tonnes par homme-poste augmente. Une tendance à la baisse de la productivité dans le temps pour cette méthode (figure E.18) ne semble pas refléter une baisse proportionnelle du boni pour les bas tonnages.

En ce qui a trait à la méthode 2, il existe une tendance inverse à celle de la méthode 1 à cause de l'ajustement à la hausse du boni par tonne dans le temps (figure E.31), coïncidant à une hausse relative moyenne de la productivité (figure E.19).

Finalement, on retrouve pour la méthode 3, une tendance à la baisse. La production a augmenté dans le temps (figure E.17) et le boni a été ajusté à la baisse selon le niveau de productivité

obtenu au fil du relevé dans le but, semble-t-il, de le rendre équitable par rapport aux deux autres méthodes.

3.5.15 Nombre total de boulons installés vs nombre d'hommes-postes

Les figures E.78 et E.79 illustrent le nombre total de boulons installés en fonction du nombre mensuel d'hommes-postes effectués en chantier pour les méthodes d'abattage 1 et 2, soit chambres remblayées et chambres magasins. Tel qu'attendu, il existe une relation entre les deux variables, alors que le nombre de boulons ancrés augmente lorsque le nombre d'hommes-postes s'accroît. A noter les variations autour des moyennes liées aux diverses tâches à réaliser en chantier, soit le remblayage, le boisage, etc. En outre, la diversité des tâches à effectuer est plus grande pour la méthode par chambres remblayées que pour la méthode par chambres magasins, ce qui est illustré par une plus grande dispersion des points autour de la droite d'estimation. Par contre, le nombre de boulons installés par homme-poste est de l'ordre de 55% supérieur pour la méthode 2 par rapport à la méthode 1. Ceci permet de comprendre une des motivations derrière un personnel accru en chantier (fig. E.65 et E.66).

3.5.16 Prime au rendement vs nombre total de boulons installés

Les figures E.80 et E.81 montrent que la prime au rendement augmente lorsque le nombre de boulons ancrés s'accroît avec quelques variations autour des moyennes; ceci recoupe le résultat

qui avait été obtenu aux figures E.72 et E.73 (prime au rendement vs tonnes cassées).

Ce phénomène est dans l'ordre normal des choses, car le boulonnage est réalisé immédiatement suite au cassage du minerai, ce qui fait que ces deux variables sont correlées, d'où le lien commun à la prime au rendement et une partie de l'explication de la dispersion sur ces courbes.

Il existe en effet une certaine dispersion autour des moyennes due au fait qu'on réalise une grande proportion du boulonnage, suite aux sautages sur toute la superficie du chantier, suivant un patron plus ou moins constant, selon les conditions de terrain et la perception des mineurs.

3.5.17 Tonnes cassées par homme-poste vs âge des chantiers

Sur les figures E.82 et E.83, on retrouve le nombre de tonnes cassées par homme-poste en fonction de l'âge des chantiers (années). On retrouve quelque peu les mêmes cycles pour les deux méthodes d'abattage illustrées, soit les méthodes 1 et 2.

Sur la figure E.82 (méthode 1), on note une certaine stabilité de la productivité à environ 12,5 tonnes par homme-poste pendant 1,7 année, suivie d'une tendance à la baisse qui correspond possiblement à la fin de la vie de certains chantiers jusqu'à 2,8 années. On note ensuite une hausse considérable de la productivité

jusqu'à 24 tonnes par homme-poste à 3 ans, suivie d'une baisse progressive jusqu'à la fin de la vie des chantiers.

En ce qui a trait à la méthode 2, on note une période de démarrage plus laborieuse que pour la méthode 1 alors que le niveau de productivité diminue de 22 à 17 tonnes par homme-poste au cours de la première année. Par la suite, on note une période de consolidation correspondant à une hausse de la productivité jusqu'à environ 27 tonnes par homme-poste après 2,2 années de vie. La dernière partie, quoique moins fiable étant donné le faible nombre d'observations, montre une bonne stabilité autour de 26 ou 27 tonnes par homme-poste.

3.5.18 Tonnes cassées par homme-poste vs largeur des chantiers

Les figures E.84 et E.85 présentent l'influence de la largeur des chantiers sur la productivité, mesurée en tonnes par homme-poste, pour les méthodes d'abattage 1 et 2.

En ce qui concerne la méthode 1, on note une tendance moyenne à la hausse de la productivité, entre 6 et 17 pieds de largeur, passant de 8 à 17 tonnes par homme-poste. Par la suite, il existe un plateau (productivité maximale) suivi d'une légère tendance à la baisse de la productivité pour des largeurs de chantier supérieures à 25 pieds. La faible productivité obtenue pour de faibles largeurs de chantier peut être expliquée par le manque d'espace pour les travailleurs lors de la réalisation des travaux de

production ainsi qu'un patron de boulonnage plus serré, alors que la baisse de productivité pour des largeurs supérieures à 25 pieds est possiblement due aux problèmes accrus de soutènement.

Pour ce qui est de la méthode 2 (fig. E.85) qui ne constitue qu'une partie de l'image retrouvée pour la méthode 1 (4,5 à 13 pieds) pour laquelle on retrouvait une hausse de la productivité, on obtient sensiblement la même tendance. Ainsi, entre 4,5 et 7 pieds, la productivité est relativement constante alors que par la suite on note une tendance moyenne à la hausse de la productivité. La largeur d'un chantier semble donc associée à la productivité et constitue une variable à considérer lors de l'évaluation économique d'un chantier.

3.5.19 Tonnes cassées par pied de forage de production vs largeur des chantiers

Dans le même ordre d'idée que les figures précédentes, les figures E.86 et E.87 tentent de mesurer l'influence de la largeur des chantiers sur le nombre de tonnes cassées par pied de forage de production.

Tel qu'attendu suite aux figures E.60 et E.61 (tonnes cassées vs pieds de forage) qui ne présentaient aucun lien précis entre les deux variables, on ne retrouve donc aucune tendance particulière sur les figures E.86 et E.87.

3.5.20 Tonnes cassées par homme-poste vs longueur des chantiers

Les figures E.88 et E.89 montrent l'importance de la longueur des chantiers sur le nombre de tonnes cassées par homme-poste pour les méthodes d'abattage 1 et 2. Sur les deux figures, on note une nette tendance à la hausse de la productivité moyenne lorsque la longueur des chantiers s'accroît, passant en moyenne de 8 tonnes à 19 par homme-poste pour la méthode 1 et, de 17 à 27 pour la méthode 2.

Divers facteurs peuvent expliquer ce résultat. Le premier a trait au fait qu'il existe probablement une relation entre la longueur et la largeur des chantiers, ce qui fait qu'on obtient sensiblement les mêmes résultats que sur les figures E.84 et E.85 (tonnes cassées par homme-poste vs largeur des chantiers).

Un autre facteur concerne le fait qu'un long chantier possède plusieurs fronts de taille, ce qui permet par le fait même, d'accroître la flexibilité du travail en chantier au cours d'une période, donc l'intensité des activités des mineurs.

Il semble que le fait de créer plusieurs fronts de travail potentiels dans un même chantier puisse servir à accroître le niveau de productivité global d'une entreprise minière.

3.5.21 Tonnes cassées par homme-poste vs distance au puits

Les figures E.90 à E.92 illustrent la relation entre le nombre de tonnes par homme-poste et la distance totale séparant les chantiers et le puits d'accès à la mine pour les trois méthodes d'abattage.

Les méthodes d'abattage 1 et 2 ne montrent aucune tendance alors qu'il existe de grandes variations autour des moyennes. Seule la méthode 3 montre une certaine tendance à la hausse du nombre de tonnes par homme-poste lorsque la distance augmente. Par contre, le nombre d'observations étant faible, ce résultat doit être interprété avec circonspection.
En somme, tel qu'observé pour l'ensemble des figures de la mine E, il existe plusieurs facteurs pouvant influencer la productivité sur des bases variables, mais la distance du puits au chantier ne semble pas une variable significative.

3.5.22 Boni par tonne cassée vs âge des chantiers

Sur les figures E.93 et E.94, on retrouve la relation entre le boni offert par tonne cassée et l'âge des chantiers pour les méthodes d'abattage 1 et 2.

Encore une fois, étant donné les ajustements réalisés sur l'octroi du boni au cours de la période couverte par le relevé, il est difficile de reconnaître quelque tendance que ce soit sur ces deux

figures, surtout que la prime est essentiellement liée aux tonnes et au boulonnage.

3.6 Mine F

Les résultats de cette mine sont divisés en deux sections principales. La première concerne un fichier des travailleurs pris sur une base individuelle : chaque observation concerne un travailleur au cours d'une période du relevé. La deuxième section, divisée par types de contrat, regroupe l'ensemble des travaux réalisés par contrat à chaque période du relevé.

3.6.1 Fichier des travailleurs individuels

Les sous-sections qui suivent présentent les résultats pour chaque type de contrat utilisé à cette mine, soit :

1- Forage des trous profonds
2- Forage des galeries et des monteries
3- Déblayage au développement et transport
4- Chargement et sautage
5- Production (déblayage des chantiers)
6- Boisage

3.6.1.1 Boni par poste vs périodes du relevé

Les figures F.1 à F.6 montrent les variations du boni versé par poste de travail pour les travailleurs des six types de contrat.

Le contrat de type 1 montre une légère tendance à la hausse du boni versé par poste au fil des 48 périodes couvertes par le relevé

(périodes bimensuelles). Les variations retrouvées autour des moyennes sont dues aux tâches connexes au forage des trous profonds qui sont bonifiées à des taux différents. Il en est de même pour les contrats de type 2 qui recoupent diverses tâches et ouvertures à réaliser : boulonnage, sangle d'acier, poteaux d'acier, forage, chargement et sautage des diverses ouvertures (monteries, galeries, sous-galeries, etc.). Toutes ces tâches sont réalisées à des taux de boni différents et sur une base plus ou moins cyclique, ce qui explique les variations au fil du relevé.

En ce qui a trait aux contrats de type 3, il existe quelques fluctuations qui sont dues à des sous-contrats différents de déblayage et de transport.

Les travailleurs affectés au chargement et sautage du minerai de production obtiennent un boni constant de 20,00$ par poste, peu importe la tâche à réaliser.

Il en est de même pour le déblayage de production avec quelques variations qui dépendent du type d'équipement utilisé.

Finalement, les mineurs affectés aux contrats de type 6 semblent obtenir des taux de boni constants par poste, mais ajustés selon le degré de difficulté associé à chaque tâche de boisage. Ceci explique les valeurs minimales, maximales et moyennes relativement constantes dans le temps.

3.6.1.2 Prime au rendement vs nombre de postes travaillés

Sur les figures F.7 à F.12, on retrouve la prime au rendement versée aux mineurs des six types de contrat en fonction du nombre de postes travaillés.

Tel qu'attendu pour les contrats des types 1 et 2 (figures F.7 et F.8), il existe une dispersion relative des points, ce qui est dans l'ordre normal des choses, vu que le travail est bonifié en fonction du travail effectivement réalisé et de la tâche précise effectuée.

En ce qui a trait aux figures des contrats 3, 4 et 5, il existe relativement peu de dispersion, vu la bonification du travail principalement basée sur le temps de travail et non sur la tâche réalisée.

Il en est de même des contrats de type 6, où le boni est fonction du temps de travail, mais la dispersion des points est due aux divers taux de boni, qui sont fonction des tâches précises réalisées. Les points intermédiaires aux lignes tracées représentent des travailleurs qui ont été affectés à de nouvelles tâches de boisage au cours d'une même période ce qui explique leur position. L'examen de la figure F.12 permet de noter qu'il y a principalement dix taux de boni différents par poste de travail (A à J), dépendant de l'activité précise à effectuer.

3.6.1.3 Boni par poste vs expérience à la mine des travailleurs

Les figures F.13 à F.18 illustrent la répartition du boni par poste en fonction de l'expérience à la mine des travailleurs pour les six types de contrat.

A l'exception des figures F.13 (contrat de type 1) et F.18 (contrat de type 6), on ne note aucune tendance générale moyenne entre ces deux variables. En ce qui a trait à la figure F.13, il semble exister une légère tendance à la baisse du boni par poste en fonction de l'expérience des travailleurs à la mine, mais avec une valeur crête pour les 12 et 13 ans d'expérience; cette valeur crête correspond aux travailleurs âgés entre 30 et 40 ans qui possèdent l'expérience et la force physique nécessaires à l'obtention de bons résultats au travail.

Pour ce qui est des travailleurs qui font du boisage (figure F.18), on note une tendance moyenne à la hausse du boni par poste, ce qui est relativement normal, étant donné la tâche (boisage) qui demande beaucoup de dextérité et d'apprentissage devant se développer dans le temps.

3.6.1.4 Boni par poste vs expérience totale des travailleurs

Les figures F.19 à F.24, présentant le boni par poste en fonction de l'expérience totale des travailleurs en souterrain au cours de

leurs carrières, montrent sensiblement les mêmes résultats que pour les six figures précédentes (F.13 à F.18).

3.6.1.5 Boni par poste vs âge des travailleurs

Une fois de plus, on retrouve sensiblement les mêmes phénomènes sur les figures F.25 à F.30, qui illustrent le boni par poste en fonction de l'âge des travailleurs pour les six types de contrat, que sur les figures précédentes (F.13 à F.18 et F.19 à F.24).

Le seul point supplémentaire à soulever concerne la figure F.26 (contrat de type 2) qui semble indiquer qu'on associe les mineurs d'âges différents pour former les équipes de travail. Ceci ressort sur la figure, alors qu'on retrouve les mêmes variations de boni par poste pour les deux groupes de travailleurs aux extrémités de la courbe. Il semble que les jeunes mineurs soient mis en apprentissage du métier avec des gens d'âge mur.

3.6.2 Fichier des travailleurs regroupés

Les six sous-sections qui suivent servent à illustrer les variations de divers facteurs pour chaque type de contrat déjà défini dans la section précédente.

3.6.2.1 Type de contrat 1 (forage des trous profonds)

Les figures F.31 à F.35 se rapportent aux contrats de type 1 compilés pour l'ensemble des travaux correspondant à ce type de contrat.

Les figures F.32 et F.35 montrent que le boni par homme-poste moyen est demeuré relativement constant dans le temps (figure F.32) et qu'il n'est aucunement lié à la distance d'accès au point de travail (figure F.35).

Les figures F.31, F.33 et F.34 relient la prime au rendement, le nombre de pieds forés et le nombre d'hommes-postes. L'examen de ces trois figures indique qu'une partie du boni est fonction du temps alloué à ce type de contrat, ce qui explique en partie la dispersion des points sur la figure F.31. Ce résultat est confirmé sur la figure F.33 (ligne A), en plus d'informer qu'il existe divers taux de boni par pied foré suivant les lignes B, C et D. Enfin, la figure F.34 indique, en outre la ligne A où le boni par homme-poste est lié à diverses tâches à réaliser autres que du forage et au temps de travail en chantier, que le boni par homme-poste s'accroit lorsque le nombre de pieds forés par homme-poste augmente, mais à des taux différents selon la tâche précise réalisée (lignes B, C et D). Il faut finalement noter qu'il existe un minimum de travail à réaliser pour obtenir de la prime au rendement selon les lignes C et D, soit respectivement 90 et 110 pieds de forage par homme-poste.

3.6.2.2 Type de contrat 2 (forage de galeries et monteries)

Les figures F.36 à F.55 concernent l'ensemble des travaux réalisés pour les contrats de type 2, soit le forage de galeries et de monteries de diverses dimensions.

La figure F.36 illustre les variations de la prime au rendement en fonction du nombre d'hommes-postes effectués à chaque période pour chacun des contrats. Tel qu'attendu, il existe une relative dispersion des points, due aux diverses tâches à réaliser dans ce type de contrat (figures F.39 à F.55), pour lesquelles les taux de prime au rendement diffèrent.

La figure suivante (F.37), montre la prime au rendement versée par homme-poste pour ce type de contrat au fil des 48 périodes bimensuelles du relevé. En moyenne, la tendance est relativement neutre. Par contre, il existe des variations sur une base cyclique correspondant à la réalisation de diverses tâches au fil du temps (figures F.39 à F.55) qui sont rémunérées au rendement à des taux différents.

Sur la figure F.38, présentant la prime au rendement par homme-poste en fonction du nombre de mineurs, on ne retrouve aucune tendance moyenne particulière pour 1 ou 2 mineurs (50,00$/homme-poste). Par contre, lorsque 3 mineurs sont affectés à un même contrat, on note une diminution de l'ordre de 22%. Une seule

observation a été relevée pour plus de 3 mineurs et est donc non significative.

En fait, lorsque 1 ou 2 mineurs sont affectés à un même contrat, ceux-ci réalisent généralement le même type de tâches, ce qui permet d'obtenir une forte prime au rendement. Le deuxième mineur n'a pas pour effet de diminuer la productivité car le boni par homme-poste demeure constant. Ceci semble révéler la bonne gestion du personnel à cette mine pour ce genre de contrat. La baisse moyenne notée lorsque 3 mineurs sont affectés à ces contrats est due aux tâches connexes à réaliser dans ces contrats, telles que le boulonnage, la pose de poteaux, etc., pour lesquelles la rémunération au rendement est plus faible.

Finalement, les figures suivantes (F.39 à F.55) montrent l'évolution des diverses tâches réalisées pour les contrats de type 2 au fil des 48 périodes bimensuelles du relevé. En fait, ces figures ont pour but de tenter d'expliquer les points crêtes et les points creux obtenus sur la figure F.37 (boni par homme-poste vs période de travail). L'examen réalisé a démontré que les points crêtes correspondent à une activité plus intense de développement des ouvertures horizontales et verticales (galeries et cheminées) alors que les activités de boulonnage, d'installation de poteaux et de sautage n'influencent pas significativement le boni par homme-poste moyen versé par période.

3.6.2.3 Type de contrat 3 (déblayage)

Les figures F.56 à F.59 présentent les résultats obtenus pour les contrats de type 3, soit le déblayage de développement.

La première figure montre que la prime au rendement est directement liée au nombre d'hommes-postes réalisés pour chaque contrat avec quelques faibles variations autour de la droite moyenne, qui sont possiblement dues à diverses particularités de chaque contrat (taux quelque peu variable pour diverses raisons : équipement différent, distance de halage...) et à des variations sur les taux offerts au fil du temps, telles que retrouvées sur la figure F.57.

La figure F.58 indique que, peu importe le nombre de mineurs affectés à chaque contrat, le boni moyen par homme-poste demeure relativement constant, dû au mode d'octroi du boni qui est basé sur le temps travaillé et qui oblige cette entreprise à utiliser efficacement et sans interaction physique les équipements de déblayage.

Finalement, la figure F.59 montre que la distance d'accès aux points de soutirage n'a aucune influence sur le boni par homme-poste accordé aux mineurs, alors qu'il ne se dessine aucune tendance particulière.

3.6.2.4 Type de contrat 4 (chargement et sautage)

Les figures F.60 à F.65, qui ont trait aux contrats de type 4, font ressortir clairement qu'un seul facteur guide l'octroi du boni pour ces contrats soit, le temps alloué à l'activité de chargement et sautage. Le rythme de travail n'influence aucunement l'octroi du boni (figures F.61 et F.62), pas plus que la période de travail (figure F.63) ou le nombre de mineurs affectés à ce type de contrat. Il s'agit d'un taux fixe de 20$ par homme-poste (fig. F.60)

3.6.2.5 Type de contrat 5 (production)

Les figures F.66 à F.69 présentent diverses relations entre les variables recueillies pour les contrats de type 5, soit le soutirage du minerai des chantiers à l'aide de chargeuses-navettes. Tel que retrouvé sur les figures des contrats de type 4, il semble que l'octroi de la prime au rendement soit principalement basé sur le nombre d'heures de travail effectuées pour les contrats de type 5 (figure F.66), malgré qu'il existe quelques fluctuations qui soient probablement associées aux distances de halage du minerai ou aux types de chargeuses utilisées.

En ce qui concerne les autres variables analysées, soit le numéro de la période de travail (figure F.67), le nombre de mineurs affectés à chaque contrat par période (figure F.68) et la distance

séparant le puits du point de travail (figure F.69), aucune ne semble associée à l'octroi du boni.

3.6.2.6 Type de contrat 6 (boisage)

Sur les figures F.70 à F.73, on retrouve les résultats portant sur les contrats de type 6 pour les 48 périodes bimensuelles du relevé. Les figures F.70 et F.71 permettent de conclure, une fois de plus, que la prime au rendement est directement liée au temps de travail réalisé et à la complexité de la tâche à exécuter; ce dernier facteur explique les divers taux fixes reconnus par la linéarité existant entre les points autant sur la figure F.70 que sur la figure F.71.

La figure F.72, reliant le boni par homme-poste au nombre de mineurs, montre une tendance à la baisse jusqu'à 6 mineurs suivie d'une moyenne relativement constante. Ce phénomène de baisse jusqu'à 6 mineurs est dû au fait que les boiseurs obtenant de hauts taux de boni sont peu nombreux et ont pour effet de tirer la valeur moyenne vers le haut. De plus, ils aiment travailler seuls, de façon générale.

Finalement et tel qu'attendu suite aux résultats précédents, il n'existe aucun lien entre l'octroi de la prime au rendement et la distance d'accès au point de travail.

3.7 Mine G

3.7.1 Evolution de divers facteurs dans le temps

Les figures G.1 à G.19 montrent l'évolution à la mine de divers facteurs dans le temps, soit les 24 périodes mensuelles du relevé. Il faut noter les difficultés d'obtention de certaines informations aux périodes 8 et 13.

La figure G.1, qui montre une tendance à la hausse du nombre d'heures totales travaillées sous terre au cours des périodes du relevé, indique que la mine était en pleine expansion au niveau de la production. On note cependant un creux suite à la période 15 et ce jusqu'à la période 20 inclusivement, possiblement associé à des problèmes de contrôle de terrain à la mine, ce qui a entraîné une diminution des activités de production.

Les figures suivantes , G.2 et G.3, présentent la répartition des heures totales suivant la classification utilisée à cette mine, soit :

- Heures R: contrats de type R (boni variable)
- Heures S: contrats de type S (boni variable)
- Heures X: contrats de type X (aucun boni)
- Heures A: contrats de type A (boni fixe élevé)
- Heures B: contrats de type B (boni fixe moyen)
- Heures C: contrats de type C (boni fixe faible)
- Heures D: contrats de type D (boni fixe élevé) (construction)

On note une proportion à peu près constante entre les types d'heures au cours du relevé à l'exception des périodes 15 à 19 inclusivement où l'on remarque une hausse des heures à taux de boni fixe.

La figure G.4 illustre les variations du nombre de tonnes cassées (minerai et stérile) exploitées dans le temps. Le nombre de tonnes de stérile est demeuré relativement constant (probablement du développement), alors que le nombre de tonnes de minerai s'est accru au fil du temps, avec une baisse entre les périodes 17 et 20 inclusivement. A noter la similarité de cette figure avec la figure G.1.

On peut également remarquer la grande similarité entre les figures G.1 et G.5, cette dernière ayant trait à l'octroi de la prime au rendement, ce qui indique que le boni est en bonne partie relié au temps alloué à la tâche et que les mineurs ont offert un effort collectif relativement constant.

En fait, l'examen de la figure G.6 fait ressortir qu'en moyenne le boni par homme-poste a augmenté d'environ 30% au cours des deux dernières années du relevé. Une partie de cette hausse peut être attribuée à l'acclimatation à des travailleurs à la mine. Egalement, étant donné la croissance de la mine, il a dû y avoir un recrutement de nouveau personnel et, étant donné que le boni par homme-poste a augmenté, on peut croire que ce recrutement a été bien fait.

Sur la figure G.7, on remarque en moyenne, une hausse du boni par tonne de roche cassée (minerai et stérile) au cours des périodes du relevé. Cette tendance est associée aux années de grande inflation qui font partie de la période du relevé. En ce qui a trait aux points crêtes, ceux-ci sont probablement associés à un accroissement des tâches de soutènement du terrain qui ont pour effet de diminuer la production et, par ce fait, d'augmenter le boni par tonne de roc cassée.

La figure G.8 présente le nombre de trous de forage réalisé avec des équipements standards (foreuses horizontales ou verticales) ou des foreuses jumbo. Le nombre de trous forés avec la foreuse jumbo est demeuré relativement constant dans le temps (sans doute rampes et galeries principales). La hausse de production obtenue à cette mine correspond en fait à l'augmentation du nombre de trous forés avec des équipements standards (sans doute sous-niveaux, points de soutirage et travers-bancs).

La figure suivante, G.9, montre le nombre de pieds forés par les deux types d'équipements (standards et jumbo). Cette figure permet de constater qu'il semble exister une bonne relation entre les deux variables examinées sur les figures G.8 et G.9. D'ailleurs, la figure G.10 permet de constater que les longueurs moyennes des trous forés par les deux méthodes de forage sont demeurés relativement constants au fil des périodes du relevé soit environ 7 pieds par trou pour le forage standard et 11 pieds par trou pour celui avec la foreuse jumbo. Il existe quelques variations autour

des moyennes qui ne peuvent être expliquées par les informations disponibles.

La figure G.11, quant à elle, informe sur le nombre de pieds de longs trous forés au cours des périodes du relevé. Celle-ci permet de réaliser qu'une bonne partie de la production au cours des 10 premières périodes du relevé avait trait au développement des chantiers et qu'il a existé de grandes variations au niveau du forage de production, possiblement associés aux conditions de terrain ou aux possibilité de forage (points de forage disponibles).

Les quatre figures suivantes (G.12 à G.15) montrent l'évolution des sautages à la mine. Ainsi, la figure G.12 permet de voir que le nombre de trous sautés a eu tendance à s'accroître, en moyenne, au fil du temps. Par contre, le nombre de volées sautées est demeuré relativement constant, présentant une légère hausse au cours des 24 périodes du relevé (figure G.13). Tel qu'attendu suite aux deux figures précédentes, la figure G.14 indique que le nombre de trous sautés par volée s'est accru au cours du temps, passant d'environ 30 à 40. Pour ce qui est de la figure G.15, celle-ci illustre le nombre de trous sautés en fonction du nombre de volées réalisées pour chacun des contrats. Il semble exister deux tendances différentes, dont la principale, regroupant le plus de points, indique qu'en moyenne 38 trous sont sautés par volée. Dans le but d'éviter d'ébranler la structure de la mine, qui est d'ailleurs reconnue comme fragile, il faut évidemment tenter de contrôler ce

facteur et minimiser les variations à la hausse du nombre de trous sautés par volée, telles que retrouvées dans la partie supérieure des observations.

Les figure G.16 et G.17 ont trait au boulonnage. Ainsi, la figure G.16 montre clairement que le nombre de boulons standards installés a augmenté jusqu'à la période 9 pour ensuite diminuer graduellement, alors que le nombre de boulons installés avec grillage s'est accru, ce qui indique que les conditions de terrain devenaient plus difficiles et que l'implantation de mesures correctives de la situation a modifié les procédures initiales de contrôle du terrain. D'ailleurs, la figure G.17 indique bien ces ajustements dans le temps. Le nombre de boulons installés par tonne de roche cassée a augmenté graduellement au début des périodes du relevé passant de 0,028 à 0,055, soit une augmentation de 100%. Les points crêtes rencontrés sur la figure G.17 correspondent probablement à des périodes où il existait des problèmes majeurs de contrôle du terrain dans la mine.

La figure G.18 informe sur le rapport stérile/minerai au fil des périodes du relevé. On peut remarquer trois cycles sur cette figure. Le premier a trait au développement initial au cours duquel une grande quantité de stérile est extraite par rapport au minerai exploité. Par la suite, on note la mise en exploitation de la zone développée avec une partie de développement se stabilisant (rapport stérile/minerai constant) suivi d'un ralentissement d'exploitation de minerai et mise en chantier d'une

nouvelle zone, ce qui a pour effet d'accroître le rapport stérile/minerai.

Finalement, la figure G.19 présente le nombre de tonnes hissées vers la surface au cours de périodes du relevé. On note une relative constance du nombre de tonnes de stérile hissées. Les grandes variations se retrouvent au niveau du minerai hissé, ce qui correspond relativement bien aux résultats obtenus sur la figure G.18.

3.7.2 Nombre d'heures totales travaillées vs prime au rendement

Sur la figure G.20, illustrant la relation entre le nombre d'heures travaillées et la prime au rendement versée aux mineurs pour chaque contrat au cours des deux années du relevé, on retrouve de grandes variations dues aux ajustements du boni dans le temps et aux types de contrats (R, S, X, A, B, C, D) par lesquels des taux de boni différents sont utilisés. Quatre droites sont illustrées sur la figure (3 pointillées et 1 pleine), correspondant en général à chaque type de tâche (lignes pointillées), soient les services, la production et le développement. La ligne pleine illustrant une moyenne à travers tous ces points.

3.7.3 Tonnes par homme-poste vs nombre de mineurs

La figure G.21 montre le nombre de tonnes exploitées par homme-poste en fonction du nombre de mineurs affectés à chaque contrat

au cours des périodes du relevé. Tel qu'attendu, il semble exister une diminution du nombre de tonnes exploitées par homme-poste lorsque le nombre de mineurs augmente, ceci étant dû aux diverses tâches à réaliser en chantier par les mineurs supplémentaires. Par contre, cette tendance est difficile à visualiser à cause de la jeunesse de la mine à l'époque.

3.7.4 Tonnes par homme-poste vs boni par homme-poste

La figure G.22, présentant le nombre de tonnes exploitées par homme-poste en fonction du boni par homme-poste, ne laisse ressortir aucune information intéressante parce que le boni a été ajusté dans le temps et à cause des diverses tâches bonifiées suivant différents taux (contrats de type A, B, C, D, R, S, X).

3.7.5 Nombre de boulons standards vs nombre de boulons avec grillage

La figure G.23 permet de noter, tel que déjà visualisé sur la figure G.16, qu'on a installé des boulons standards et des boulons avec grillage dans des proportions différentes. Cependant, cette figure permet de réaliser qu'en général, on n'utilise qu'un seul type de boulon par endroit de travail. Ce résultat était attendu suite à la transition, notée sur la figure G.16, passant des boulons standards aux boulons avec grillage.

3.7.6 Nombre de trous (standards et jumbo) vs longueur torale forée

La figure G.24 montre, pour chaque contrat de forage, le nombre de trous standards forés et la longueur totale forée. En fait, on retrouve sensiblement le même résultat que sur la figure G.10, soit environ 7 pieds forés par trou, avec quelques variations autour de la droite moyenne. Cette dernière figure illustre tout de même que, peu importe le nombre de trous forés, on tend à conserver la même longueur de forage par trou.

La figure G.25 illustre, pour chaque contrat de forage avec foreuse jumbo, le nombre de pieds de trous (jumbo) en fonction de la longueur forée. A l'exception d'un point, on obtient une très bonne corrélation entre les deux variables, indiquant que les mineurs à ce poste utilisent l'équipement de la même manière et forent en moyenne 10,8 pieds par trou.

3.7.7 Boni par poste vs expérience et âge des travailleurs

La figure G.26 illustre la relation entre le boni par poste offert aux mineurs en fonction de l'expérience des travailleurs à la mine. On note une très légère tendance moyenne à la hausse d'environ 15%, ce qui n'est pas significatif au point de vue statistique. Cependant, les variations de séniorité ne sont pas très importantes, non plus. Ceci signifie que les tâches à haut taux de boni ne sont pas accordées préférentiellement aux mineurs ayant

le plus d'expérience à la mine mais le sont en fonction de leurs capacités et habiletés au travail.

Tel que retrouvé sur la figure précédente, il n'existe pas de relation précise entre les bonis par poste et l'expérience totale des mineurs (figure G.27). En fait, il semble n'exister qu'une légère tendance à la baisse, possiblement associée aux mineurs qui possèdent une grande expérience totale en souterrain et qui ont été embauchés pour des tâches de services.

Sur la figure G.28, illustrant le boni par poste versé aux mineurs en fonction de leur âge, la droite de régression montre une pente négative, c'est-à-dire une diminution de boni par poste lorsque l'âge des mineurs s'accroît.

L'examen en détail des résultats permet de constater que cette tendance n'est pas fausse en soi mais n'est pas complète. En fait, on note trois plages d'âge pour lesquelles les bonis par poste diffèrent de comportement. La première regroupe les 18 à 25 ans qui sont probablement en stage de formation (services) et pour qui le boni moyen par poste augmente graduellement. La seconde plage présente, pour les 26 à 44 ans, un boni moyen par poste à peu près constant à 30,00$ (production et développement), alors que le troisième groupe d'âge (plus de 45 ans) obtient de moins en moins de boni par poste (production et services).

Cette figure permet donc de noter qu'il semble exister, de prime abord, une bonne répartition des tâches à cette mine, en fonction de la capacité et de l'habileté des mineurs.

CHAPITRE IV

ANALYSES DE REGRESSION MULTIPLE

4.1 Définition

Lorsqu'on relie ensemble de façon fonctionnelle deux variables (e.g. $Y = a + bX$) avec l'aide de la technique de régression et qu'on examine ensuite le graphique obtenu en deux dimensions, on s'aperçoit que les écarts positifs mesurés au-dessus de la droite d'estimation annulent les écarts négatifs mesurés en-dessous de celle-ci (voir figure 4.1). La somme algébrique des écarts par rapport à la droite de régression est donc égale à zéro ou en d'autres termes, la somme des carrés des écarts (ou la somme des écarts absolus) est minimale. Chaque variable (X et Y) représente une dimension dans le plan en deux dimensions.

Maintenant, lorsqu'on relie ensemble de façon fonctionnelle plus de trois variables, il devient impossible de les représenter graphiquement dans un plan en deux dimensions mais le principe utilisé demeure le même. On cherche toujours à créer un modèle qui va bien s'ajuster aux valeurs observées en minimisant la somme des carrés des écarts dans un plan à plusieurs dimensions (hyperplan) qui est cependant impossible à dessiner ou à visualiser.

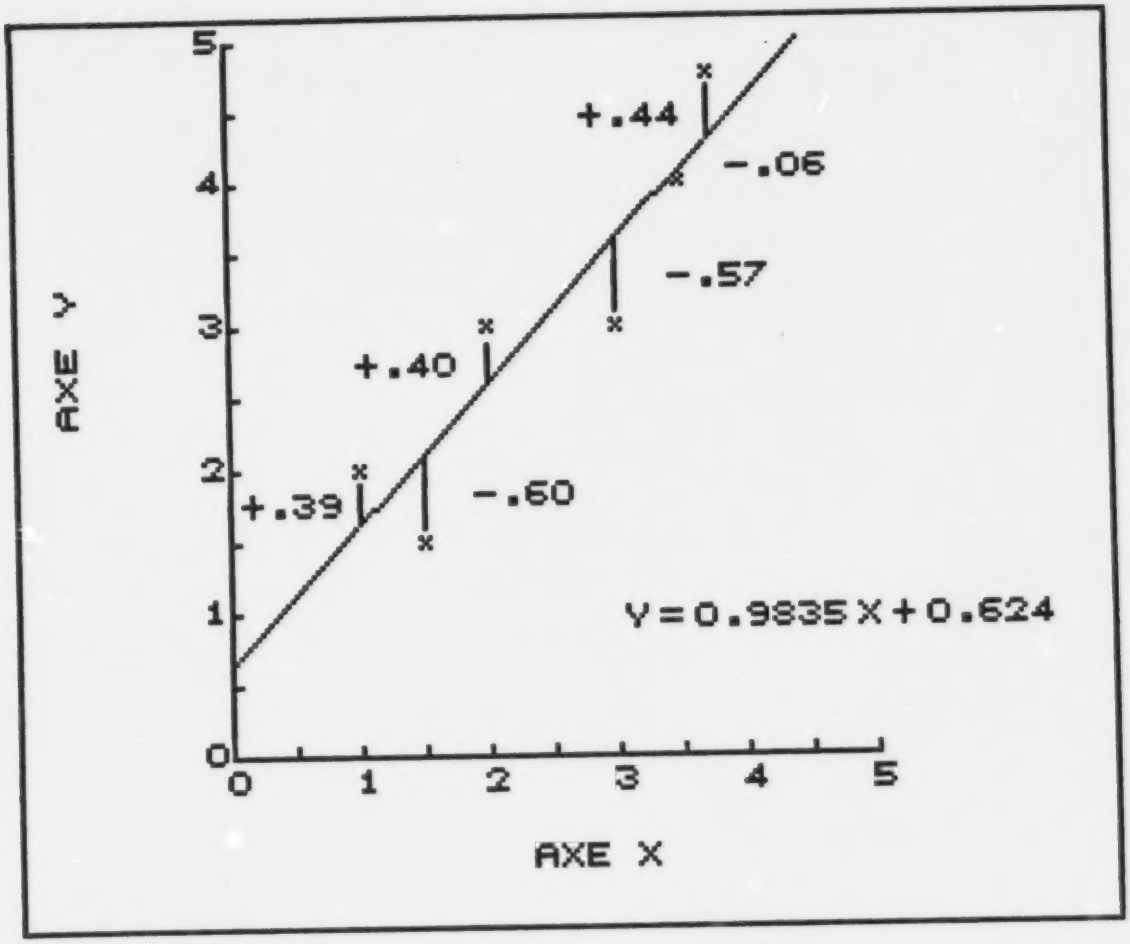


Figure 4.1

Si l'ajustement du modèle par rapport aux valeurs observées est jugé adéquat, alors on pourra avoir confiance aux résultats obtenus à la condition que le passé se répète dans le futur.
La technique utilisée consiste donc à créer un modèle d'estimation linéaire entre une série de variables indépendantes (X) et une variable dépendante (Y) (comme son nom l'indique, celle-ci dépend des autres variables recueillies). Le modèle peut donc s'exprimer avec l'aide de l'équation fonctionnelle suivante :

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \ldots + a_iX_i + \ldots + b_0$$

où "Y" est la variable dépendante, "X" représente chaque variable indépendante, "a" sert à donner un poids relatif à chaque variable indépendante "X" et "b_o" indique les variations non expliquées par le modèle, variations qui pourraient être expliquées par d'autres variables non disponibles, non recueillies ou aléatoires (i.e. relevant du hasard tout simplement). Il est bon de noter que les variations de la variable dépendante "Y" sont expliquées (mais pas nécessairement causées) par l'ensemble des variables "X".

Il existe diverses possibilités de traitement et d'analyse des données qui permettent d'obtenir un modèle aussi représentatif que possible de la population étudiée.

Ainsi, la première étape de ce travail a consisté en une analyse linéaire simple des variables à l'étude. Par la suite, diverses modifications ont été apportées à la banque des données, afin de

tenter d'améliorer le modèle obtenu : log Y, log X_i, Y^2, X_i^2, 1/Y, $1/X_i$ et regroupement des variables ayant potentiellement des effets multiplicatifs ou additifs. Cependant, parmi les dernières possibilités, aucune n'a pu être retenue alors que les coefficients R^2, qui estiment le degré d'ajustement des modèles réalisés par rapport aux données receuillies, demeuraient très faibles (modèles médiocres).

Finalement, le modèle d'analyse retenu considère chacune des variables indépendantes "X" de façon linéaire par rapport à la variable dépendante "Y".

4.2 Sélection des variables à l'intérieur d'un modèle.

La création d'un modèle par régression multiple doit expliquer le mieux possible les variations de la variable dépendante en utilisant uniquement les variables indépendantes qui ont un effet important sur le résultat et qui permettent le meilleur ajustement possible du modèle à la population étudiée. Il est important de réaliser qu'une équation obtenue par régression multiple et possédant plus de variables indépendantes qu'une autre n'explique pas nécessairement mieux les variations de la variable dépendante. Ceci signifie que le fait d'ajouter une ou des variables indépendantes, qui n'ont aucun lien avec la variable dépendante, ne fait qu'ajouter des variations plus grandes au modèle et donc tend à l'invalider.

Le logiciel utilisé, REGRESSION de SPSS version X, qui a été développé aux Etats-Unis par SPSS Inc. et qui est disponible sur le système VMS (IBM4381) de l'Université Laval, offre trois procédures principales de sélection des variables indépendantes pour l'obtention du meilleur modèle possible à partir des données disponibles : sélection "forward", élimination "backward" et sélection "stepwise".

Dans la procédure de sélection "forward", la première variable indépendante considérée pour entrer dans l'équation est celle qui possède le plus grand lien (corrélation), positif ou négatif, avec la variable dépendante "Y". Les variables indépendantes "X" sont insérées par la suite une à la fois dans le modèle, en se fiant sur un critère de probabilité, qui mesure le lien existant entre la variable dépendante "Y" et chacune des variables indépendantes "X". Celle dont le lien est le plus grand est insérée. Cette procédure se poursuit jusqu'à ce qu'aucune des variables indépendantes "X" ne soit suffisamment liée à la variable dépendante "Y" pour entrer dans le modèle. Ces vérifications sont toutes basées sur des tests statistiques (test de la valeur F), dont la valeur par défaut est 0,05. La grande difficulté de cette méthode est qu'elle ne permet pas d'éliminer des variables indépendantes "X" qui ne rencontrent plus les critères statistiques, suite à l'insertion d'une ou plusieurs autres variables indépendantes.

La procédure d'élimination "backward", quant à elle, débute l'analyse en incluant toutes les variables indépendantes dans

l'équation et , séquentiellement, les élimine en se basant sur les mêmes critères statistiques que pour la procédure de sélection "forward". La difficulté rencontrée avec cette méthode provient du fait qu'une variable indépendante "X" éliminée peut rencontrer les critères statistiques, suite à l'élimination de nouvelles variables, mais elle ne peut être réintroduites dans le modèle.

La troisième procédure, sélection "stepwise", est une combinaison des procédures "forward" et backward". Celle-ci est la plus utilisée parmi les trois car elle peut éliminer, si nécessaire, les variables indépendantes "X" qui deviennent non-significatives dans le modèle (ne rencontrent plus les critères statistiques) suite à l'insertion de nouvelles variables indépendantes "X". D'ailleurs, cette procédure a été retenue, suite à plusieurs essais, pour la réalisation de cette étude.

4.3 Résultats fournis par le logiciel REGRESSION

Il existe une quasi-infinité de résultats que ce type de logiciel peut fournir à son utilisateur, concernant particulièrement les tests statistiques à effectuer afin de vérifier la validité du modèle créé. Cependant, dans le cas du présent travail, les analyses de validité (tests statistiques, dispersions...) ne sont pas toutes incluses dans le rapport, même si elles ont été réalisées pour s'assurer de la validité du travail. D'ailleurs, celles-ci auraient simplement pour effet d'alourdir le texte de façon inutile pour les gens de l'industrie minière. Les résultats qui sont fournis dans ce rapport sont donc les suivants :

- la liste des variables indépendantes "X" incluses dans le modèle;
- la valeur des coefficients "a" de chacune de ces variables;
- la valeur des coefficients "beta" (cf. note ci-dessous);
- le R^2 (coefficient mesurant le degré d'ajustement du modèle);
- les coefficients de corrélation linéaire entre la variable "Y" et chacune des variables indépendantes "X" incluses dans le modèle;
- les valeurs minimales et maximales des variables indépendantes "X" (écarts de validité du modèle) incluses dans le modèle;
- les cas spéciaux("outliers").

Note : Il est inapproprié d'interpréter les coefficients "a" comme indicateurs d'importance relative des variables à cause des différentes unités de mesure des "X_i". Une façon de rendre les coefficients de régression quelque

peu comparables est de calculer des valeurs de coefficients "beta", qui sont des valeurs normalisées. Les valeurs des coefficients "beta" ne reflètent cependant pas de façon absolue l'importance des diverses variables indépendantes.

CHAPITRE V

RESULTATS DES ANALYSES DE REGRESSION MULTIPLE

5.1 Mine A

5.1.1 Variable dépendante: nombre de tonnes cassées par période

L'ensemble des résultats obtenus dans les sous-sections 5.1.1.1 à 5.1.1.3 font l'objet d'une discussion détaillée à la sous-section 5.1.1.4.

5.1.1.1 Abattage par chambres et piliers

L'analyse de régression multiple, réalisée pour la méthode d'abattage par chambres et piliers et ayant comme variable dépendante "Y", le nombre de tonnes cassées par période mensuelle, porte sur l'ensemble des variables indépendantes "X" suivantes par période:

- la qualité du roc (1 = moins bonnes conditions, 0 = bonnes conditions);
- le nombre total de mineurs affectés dans le chantier;
- le nombre total d'hommes-postes de travail dans le chantier, incluant toutes les activités;
- le nombre de pieds de forage pour la production;
- le nombre de boulons de 5 pieds installés;
- le nombre de boulons de 8 pieds installés;
- le nombre de tonnes râclées;
- le nombre de poteaux de soutien posés;

- le nombre de pieds d'avance de galeries de sous-niveaux;
- le nombre de pieds de passage d'hommes;
- le nombre de pieds carrés de clôture installés;
- le nombre de livres d'explosif utilisées;
- la prime au rendement (dollars);
- l'âge du chantier (années);
- le nombre d'hommes-postes de forage seulement;
- la profondeur du chantier par rapport au jour (pieds);
- la distance séparant le chantier et le puits d'accès (pieds);
- la largeur moyenne du chantier (pieds);
- la nécessité d'utilisation du puits interne (0 = non, 1 = oui).

Le résultat de l'analyse de régression multiple permet de constater que six facteurs expliquent les variations du niveau de productivité pour cette méthode de travail, soit:

- le nombre de tonnes râclées (X_1);
- le nombre de pieds de forage pour la production (X_2);
- le nombre de boulons de 5 pieds installés (X_3);
- le nombre de pieds de passage d'hommes (X_4);
- la qualité du roc (X_5) (1 = moins bonnes conditions, 0 = bonnes conditions);
- la prime au rendement ($) ($X_6$).

Les principaux résultats concernant les variables de l'équation de régression, obtenus à l'aide du logiciel REGRESSION de SPSS^x par la méthode de sélection STEPWISE, sont les suivants:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.473	0.474	0.9050	0.0	1427.0
X_2	0.105	0.365	0.841	0.0	4701.0
X_3	0.646	0.107	0.365	0.0	287.0
X_4	16.397	0.070	-0.006	0.0	10.0
X_5	-43.460	-0.073	-0.370	0.0	1.0
X_6	0.093	0.119	0.806	32.0	1936.0
(constante)	5.238	-	-	-	-

R^2 = 0.898 (rapport variation expliquée/variation totale)

La valeur du R^2 (coefficient de détermination) indique que près de 90% des variations de la variable dépendante "Y" (le nombre de tonnes cassées) sont expliquées par les variations des six variables indépendantes (X_1 à X_6) indiquées, à condition que l'équation d'estimation soit utilisée à l'intérieur des limites minimales et maximales des variables indépendantes (Xmin et Xmax) pour lesquelles celle-ci a été construite. Cependant, 5 cas montrent des variations excessives et sont considérés comme cas spéciaux (outliers). Ceci représente environ 1.5% de l'échantillonnage total.

Echantillon no	Observation (tonnes cassées)	Prédiction du modèle (tonnes cassées)
243	655	390
322	107	483
323	800	377
325	257	601
329	762	464

Des analyses plus détaillées permettraient probablement d'expliquer ces variations. Par contre, on peut considérer qu'il est normal d'obtenir quelques cas spéciaux, étant donné tous les travaux qui sont réalisés en chantier et qui ont été échantillonnés pour notre étude. On peut d'ailleurs noter que 4 des 5 cas spéciaux proviennent de diverses périodes d'un même chantier (échantillons 322, 323, 325, 329).

Finalement, l'examen de l'ensemble des résultats fournis par le logiciel permet d'affirmer que ce modèle peut être considéré comme très valable pour la prédiction du nombre de tonnes cassées au cours d'une période de travail si l'estimation se limite à l'étendue des valeurs observées et que le passé se répète dans le futur.

5.1.1.2 Abattage par chambres remblayées

L'analyse de régression multiple s'est effectuée avec les mêmes variables que celles citées dans la section 5.1.1.1 pour la méthode par chambres et piliers.

Le résultat de cette analyse implique les variables suivantes:

- la prime au rendement ($) ($X_1$);
- le nombre d'hommes-postes de forage seulement (X_2);
- le nombre de pieds d'avance de sous-niveaux (X_3);
- le nombre de livres d'explosif utilisées (X_4);
- la qualité du roc (X_5) (1 = moins bonnes conditions, 0 = bonnes conditions);
- le nombre de boulons de 5 pieds installés (X_6);
- le nombre de pieds de passage d'hommes (X_7);
- le nombre de boulons de 8 pieds installés (X_8);
- le nombre total d'hommes-postes de travail (X_9);
- le nombre de pieds de passage à minerai (X_{10}).

Les principaux résultats associés à ces variables sont les suivants:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.490	0.484	0.79	0.0	2915.0
X_2	21.425	0.342	0.67	0.0	46.0
X_3	-6.628	-0.184	0.03	0.0	112.0
X_4	0.249	0.211	0.68	0.0	2546.0
X_5	-92.360	-0.093	-0.26	0.0	1.0
X_6	1.277	0.159	0.32	0.0	366.0
X_7	-6.412	-0.075	0.09	0.0	34.0
X_8	1.704	0.143	0.46	0.0	255.0
X_9	-2.959	-0.137	0.64	2.0	100.8
X_{10}	5.043	0.064	0.03	0.0	36.0
(constante)	43.897	-	-	-	-

$R^2 = 0.800$

La valeur du R^2 (coefficient de détermination) indique que 80% des variations de la variable dépendante "Y" sont expliquées par le modèle. Parmi les cas où les variations sont plus grandes, seulement 4 sont considérés comme étant des cas spéciaux sur un total de 429 échantillons, soit environ 1%.

Echantillon no	Observation (tonnes cassées)	Prédiction du modèle (tonnes cassées)
141	634	1328
164	0	736
181	646	1810
362	803	1759

Une fois de plus, des analyses cas par cas permettraient probablement d'expliquer ces variations, qui sont dues à des travaux occasionnels non-inclus dans le modèle. Finalement, l'analyse détaillée de tous les résultats permet de croire que ce modèle de prédiction peut être considéré comme relativement bon.

5.1.1.3 Abattage par chambres magasins

Les mêmes variables que citées en 5.1.1.1 sont utilisées pour effectuer les analyses de régression multiple pour cette méthode d'extraction du minerai. Il est cependant à noter que certaines d'entre elles étaient constantes (nulles) et ont donc été éliminées lors de l'analyse:

- le nombre de boulons de 8 pieds installés;
- le nombre de pieds de passage d'hommes;
- le nombre de pieds carrés de clôture installés.

Le résultat de l'analyse, portant sur 52 observations, inclut les variables suivantes:

- la prime au rendement ($) ($X_1$);
- la nécessité d'utilisation du puits interne (0 = oui, 1 = non) (X_2);
- la qualité du roc (X_3) (1 = moins bonnes conditions, 0 = bonnes conditions);

- le nombre de pieds de forage (X_4);
- le nombre de pieds d'avance des galeries de sous-niveaux (X_5);
- le nombre d'hommes-postes de forage seulement (X_6).

Les principaux résultats associés à ces variables sont les suivants:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.950	0.301	0.80	100.0	1317.0
X_2	-427.015	-0.214	-0.73	0.0	1.0
X_3	-396.538	-0.191	-0.47	0.0	1.0
X_4	0.855	0.758	0.74	120.0	3386.0
X_5	-32.184	-0.140	-0.31	0.0	17.0
X_6	-26.573	-0.327	0.53	3.3	49.5
(constante)	729.129	—	—	—	—

R^2 = 0.921 (coefficient de détermination)

La valeur R^2 indique que plus de 92% des variations au niveau de la variable dépendante "Y" sont expliquées par le modèle. De plus, aucun cas spécial (outlier) n'a été détecté parmi les 52 observations.

Finalement, les tests statistiques effectués sur les résultats permettent d'évaluer que le modèle est valable. Le seul point

faible vient du petit nombre d'observations (52) disponibles, ce qui oblige à utiliser ce modèle avec réserve et prudence.

5.1.1.4 Discussion concernant les modèles d'estimation du nombre de tonnes cassées

Tel qu'observé, la mine A exploite des veines minces en utilisant trois méthodes d'abattage du minerai, soit chambres et piliers (1), chambres remblayées (2) et chambres magasins (3). Le nombre de variables et le nombre d'observations recueillies pour chaque méthode ont permis d'obtenir trois modèles différents d'estimation de la production.

Pour chacun des trois modèles, les variables prime au rendement et conditions de terrain sont présentes. Les conditions de terrain, codifiées bonnes (0) ou moins bonnes (1), ont un effet négatif (d'après la codification utilisée) sur la production. Les méthodes d'abattage 2 et 3 sont principalement liées par trois variables, soit le forage de production, la prime au rendement et le nombre de pieds de sous-niveaux. Cette dernière variable a pour effet de retarder le cycle de minage. Pour la méthode 3, le temps effectif de forage de production et le nombre de pieds forés sont les deux facteurs les plus importants servant à expliquer la production réalisée, la prime au rendement étant le troisième facteur en importance. La valeur négative associée aux activités de forage de production vient sans doute du nombre important de cas où le forage a été effectué à une période et le roc fragmenté à la suivante, de sorte que les périodes prolongées de forage semblent

nuire à la production de minerai cassé. En ce qui concerne la méthode 2, la prime au rendement est le principal facteur, suivie du temps effectif de forage de production. Pour ces deux méthodes (2 et 3), le développement des galeries des sous-niveaux a pour effet de réduire la production, tout comme les moins bonnes conditions de terrain, quoique de façon moins importante pour la méthode 2.

La production obtenue par la méthode 1 est liée au raclage du minerai, afin de libérer la face de travail suite aux sautages. Les facteurs suivants ont trait au forage de production et à la prime au rendement versée aux mineurs.

Il faut demeurer vigilant face à la présence de la variable "prime au rendement" qui se retrouve dans chacun des modèles car celle-ci, en théorie, est utilisée dans l'industrie dans le but d'accroître la productivité et devrait normalement être liée à la production. Ceci est vrai pour les méthodes 2 et 3, mais pour la méthode 1, le facteur est beaucoup moins dépendant. Ceci est dû à la forte corrélation existant entre la production réalisée et le raclage, et à une certaine colinéarité existant entre la prime au rendement et les autres variables indépendantes. Cette colinéarité est plus faible pour les méthodes d'abattage 2 et 3.

5.1.2 Variable dépendante: prime au rendement versée par période

Les variables indépendantes "X" utilisées dans cette section de chapitre sont les mêmes que dans la section 5.1.1 sauf que la variable dépendante "Y" "nombre de tonnes cassées" devient une variable indépendante "X" et que la variable indépendante "X" "prime au rendement" devient la variable dépendante "Y".

De plus, les sous-sections suivantes (5.1.2.1 à 5.1.2.3) contiennent uniquement les principaux résultats ainsi qu'un commentaire général portant sur la validité de chaque modèle. Finalement, la sous-section 5.1.2.4 fait l'objet d'une discussion détaillée sur l'ensemble des résultats obtenus.

5.1.2.1 Abattage par chambres et piliers

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 340):

- le nombre de tonnes râclées (X_1);
- le nombre d'hommes-postes de travail (X_2);
- le nombre de mineurs durant une période (X_3);
- le nombre de tonnes cassées (X_4);
- l'âge du chantier (X_5) (années);
- le nombre de poteaux installés (X_6).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.49	0.386	0.81	0.0	1427.0
X_2	4.17	0.214	0.68	2.0	85.5
X_3	17.31	0.085	0.37	1.0	9.0
X_4	0.38	0.296	0.81	0.0	1220.0
X_5	14.04	0.095	0.29	0.1	7.9
X_6	1.47	0.088	0.18	0.0	171.0
(constante)	-147.10	-	-	-	-

$R^2 = 0.771$ (coefficient de détermination)

Cas spéciaux (outliers)

Echantillon no	Observation (boni)	Prédiction du modèle (Boni)
55	1507	1017
66	574	1093
109	331	953
131	1936	1332
135	1698	1202
137	1604	1023
177	1548	1032

Commentaire général: ce modèle doit être considéré avec certaines réserves, alors que quelques tests statistiques ne sont pas tout à fait concluants.

5.1.2.2 Abattage par chambres remblayées

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 429):

- le nombre de tonnes cassées (X_1);
- le nombre d'hommes-postes de travail (X_2);
- la largeur moyenne du chantier (pieds) (X_3);
- le nombre de poteaux installés (X_4);
- le nombre de tonnes raclées (X_5);
- le nombre de boulons de 8 pieds installés (X_6);
- le nombre de pieds carrés de clôture installés (X_7);
- le nombre de livres d'explosif (X_8);
- le nombre d'hommes-postes de forage seulement (X_9);
- le nombre de pieds d'avance de galeries de sous-niveaux (X_{10});
- le nombre de pieds de passage à minerai (X_{11});
- le nombre de pieds de passage d'hommes (X_{12}).

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.43	0.433	0.80	0.0	2782.0
X_2	8.10	0.381	0.77	2.0	100.8
X_3	9.64	0.109	0.24	12.0	30.0
X_4	1.38	0.085	0.55	0.0	282.0
X_5	0.15	0.126	0.35	0.0	1893.0
X_6	1.16	0.098	0.55	0.0	255.0
X_7	0.19	0.070	0.27	0.0	1236.0
X_8	0.13	0.109	0.59	0.0	2546.0
X_9	-9.77	-0.158	0.54	0.0	46.0
X_{10}	2.87	0.081	0.06	0.0	112.0
X_{11}	-5.08	-0.065	0.07	0.0	36.0
X_{12}	5.05	0.059	0.25	0.0	34.0
(constante)	-250.71	-	-	-	-

R^2 = 0.821 (coefficient de détermination)

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (boni)	Prédiction du modèle (Boni)
68	1863	1115
70	2570	1721
121	2915	2274
191	2129	1330
243	967	1582
342	620	1218

Commentaire général: L'analyse de l'ensemble des résultats permet de juger ce modèle comme relativement bon. D'ailleurs, environ 1% des prédictions diffèrent considérablement des observations (6 cas spéciaux sur 429 échantillons).

5.1.2.3 Abattage par chambres magasins

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 52):

- le nombre de tonnes cassées (X_1);
- le nombre de poteaux installés (X_2).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.28	0.868	0.80	330.0	3863.0
X_2	2.64	0.391	0.23	0.0	149.0
(constante)	84.69	-	-	-	-

R^2 = 0.781 (coefficient de détermination)

Cas spéciaux (outliers): aucun

Commentaire général: Ce modèle doit être considéré comme moyen pour deux raisons. La première concerne les tests statistiques

effectués sur les résultats qui demeurent non concluants. La deuxième concerne la taille de l'échantillonnage (N = 52) qui est faible pour l'application d'une telle méthode d'analyse des données.

5.1.2.4 Discussion concernant les modèles d'estimation de la prime au rendement

Des modèles d'estimation de la prime au rendement ont été réalisés pour les trois méthodes d'abattage du minerai à la mine A, soit chambres et piliers (1), chambres remblayées (2) et chambres magasins (3).

Pour chacun des modèles, le niveau de production (tonnes cassées ou raclées) constitue le principal facteur pour l'octroi de la prime au rendement. Le second facteur, pour les méthodes d'abattage 1 et 2, a trait au nombre total d'hommes-postes réalisés dans les chantiers. En ce qui concerne la méthode 2, pour laquelle plusieurs types de travaux sont réalisés, on constate que la prime au rendement est liée à ces divers facteurs mais souvent très faiblement.

Pour la méthode 3, un seul facteur autre que le niveau de production influence le niveau d'octroi de la prime au rendement, soit le nombre de poteaux installés, ce qui semble faible, compte tenu de l'octroi de primes pour l'ancrage de boulons.

Finalement, l'examen des trois modèles d'estimation révèle qu'en aucun cas la qualité du roc dans les chantiers n'a affecté directement l'octroi de la prime au rendement de façon significative. Toutefois, les poteaux, les boulons et les autres activités de soutènement y sont représentées et influencent le niveau de prime octroyé.

5.2 Mine B

Les analyses de régression multiple effectuées pour la mine B portent sur l'ensemble des variables suivantes:

- le numéro de la période concernée;
- le nombre de mineurs affectés dans le chantier au cours d'une période;
- le nombre total d'hommes-postes de travail;
- le nombre de pieds de forage de production;
- le nombre de boulons installés;
- le nombre de sangles d'acier fixées;
- le nombre de tonnes cassées;
- le nombre de tonnes de parement ("slashed");
- le nombre de tonnes raclées;
- le nombre de pieds d'avance des galeries de sous-niveau;
- la prime totale au rendement obtenue par les travailleurs ($);
- la profondeur des chantiers par rapport à la surface (pieds);
- la largeur des chantiers (pieds).

5.2.1 Variable dépendante: nombre de pieds de forage de production par période

Parmi les variables précitées, la variable dépendante "Y" est le nombre de pieds de forage de production, alors que les autres informations sont les variables indépendantes "X".

Il est à noter que la même structure utilisée précédemment est employée pour présenter les résultats de cette section.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 183):

- le nombre d'hommes-postes de travail (X_1);
- le nombre de pieds d'avance des galeries de sous-niveau (X_2);
- le nombre de tonnes de parement ("slashed") (X_3);
- le nombre de mineurs (X_4);
- le numéro de la période (X_5);
- le nombre de boulons ancrés (X_6).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	162.96	1.220	0.382	0.0	78.6
X_2	-46.73	-0.705	-0.334	0.0	255.0
X_3	-3.11	-0.299	-0.322	0.0	1152.0
X_4	-175.65	-0.196	0.003	1.0	13.0
X_5	-36.58	-0.099	-0.079	1.0	24.0
X_6	-5.51	-0.173	-0.273	0.0	165.0
(constante)	841.54	-	-	-	-

$R^2 = 0.853$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (forage de production)	Prédiction du modèle (forage de production)
112	0	4554
147	0	-3750
148	0	-2918
149	0	-2411

Commentaire général: Le modèle obtenu, estimant le nombre de pieds de forage de production réalisés mensuellement dans les chantiers d'abattage en vrac, méthode utilisée à cette mine, montre que le niveau de production (minerai foré) est directement lié au nombre d'hommes-postes de travail. Les autres facteurs, davantage associés au développement du chantier, ont pour leur part un effet négatif sur le forage de production. Egalement, selon le modèle, il semble avoir existé une tendance à la baisse de la productivité au niveau du forage de production au fil des périodes du relevé (X_5).

De même, la forte rotation du personnel, mentionnée au chapitre 3 et qui accroît le nombre d'intervenants par période dans les chantiers individuels, a un impact négatif sur les activités de production (figure B.3). Par ailleurs, le fait que l'ancrage des boulons soit considéré comme une entrave au forage de production provient du fait que les deux activités sont indépendantes, sauf pour une douzaine de points qui créent l'impact négatif (figure B.6).

Des explications semblables sont valables pour les tonnes de parement et les pieds de galeries de sous-niveau (figure B.5).

L'examen des 13 figures du chapitre trois pour cette mine avait déjà permis de réaliser ces faits, mais ce modèle d'estimation a permis de quantifier l'influence relative de chaque facteur.

Finalement, il faut noter que la variable ayant trait à l'octroi de la prime au rendement n'était pas incluse au départ lors de la création du modèle d'estimation, car celle-ci fait partie de la prochaine section comme variable dépendante.

5.2.2 Variable dépendante: prime au rendement versée par période

Les mêmes variables que précédemment sont utilisées, sauf que la prime au rendement devient la variable dépendante "Y" et que le nombre de pieds de forage de production est considéré comme une des variables indépendantes "X".

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 183):

- le nombre de pieds de forage de production (X_1);
- le nombre de pieds d'avance du sous-niveau (X_2);
- le nombre de tonnes de parement (X_3)
- le nombre de boulons installés (X_4);
- le nombre total d'hommes-postes réalisés (X_5);
- le nombre de tonnes raclées (X_6).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.42	1.127	0.52	0	13520
X_2	20.07	0.807	0.53	0	255
X_3	1.12	0.287	0.35	0	1152
X_4	2.69	0.226	0.53	0	165
X_5	-21.95	-0.438	0.82	0	78.6
X_6	0.43	0.093	0.32	0	1513
(constante)	14.51	-	-	-	-

$R^2 = 0.908$

Cas spéciaux (outliers)

Echantillon no	Observation (Boni)	Prédiction du modèle (Boni)
19	1712	2678
39	2857	953
130	2914	1997
148	3876	2767

Commentaire général: ce modèle, quoique possédant un R^2 élevé (90.8%), doit être considéré avec réserve, alors que certains tests n'ont pas permis de vérifier des hypothèses de normalité (non-décrites dans ce rapport). De plus, on peut constater que c'est l'ensemble des tâches réalisées, en particulier le forage de

production, qui est bonifié et non le résultat final, soit le nombre de tonnes cassées, tel qu'attendu, étant donné la méthode d'abattage en vrac utilisée.

5.3 Mine C

Les analyses de régression multiple effectuées à la mine C portent sur l'ensemble des variables suivantes:

- la méthode d'abattage utilisée (voir codification ci-après);
- la profondeur du chantier (mètres);
- la distance séparant le chantier du puits d'accès (mètres);
- la largeur du chantier (mètres);
- la longueur du chantier (mètres);
- la quantité d'explosifs utilisée (kilogrammes);
- le nombre de barres d'ancrage installées;
- le nombre de boulons ancrés;
- la surface de grillage installée (mètres carrés);
- le nombre de mètres de tuyaux posés;
- l'âge des chantiers (années);
- le nombre de câbles de soutènement installés;
- le nombre total de tonnes cassées (tonnes métriques);
- le nombre de mètres de forage pour le soutènement.

5.3.1 Variable dépendante "Y": nombre de tonnes cassées

Parmi les variables précitées, la variable dépendante "Y" est le nombre total de tonnes cassées alors que les autres informations sont les variables indépendantes "X". Il est à noter que la variable se rapportant à la méthode d'abattage est une variable booléenne, c'est-à-dire qu'elle est présentée sous forme de 0 ou 1.

Exemple:

méthode 1 (coupes et remblai avec chambres et piliers)	1	0	0
méthode 2 (récupération de piliers par longs trous)	0	1	0
méthode 3 (chantiers ouverts à longs trous)	0	0	1

La même structure qu'utilisée auparavant dans ce chapitre est employée pour présenter les résultats de cette section.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 273)

- la quantité d'explosifs utilisée (X_1) (kilogrammes);
- le nombre de boulons installés (X_2);
- le nombre de barres d'ancrage installées (X_3)
- la surface de grillage installée (X_4) (mètres carrés);
- la méthode d'abattage numérotée 1 (X_5).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.94	0.531	0.85	0	7950
X_2	6.14	0.232	0.60	0	547
X_3	8.27	0.317	0.63	0	519
X_4	-5.57	-0.128	0.19	0	466
X_5	-885.13	-0.105	-0.30	0	1
(constante)	669.55	-	-	-	-

$R^2 = 0.799$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation	Prédiction du modèle
63	6668	7950
196	9417	4355

Commentaire général: ce modèle, qui possède un R^2 à environ 80%, doit être considéré comme bon, alors que la majeure partie des tests statistiques à effectuer étaient concluants. L'utilisation de seulement cinq facteurs permet donc d'estimer de façon relativement convenable le nombre total de tonnes cassées par période. Trois de ces facteurs ont trait aux modes de soutènement du roc soit le nombre de boulons, le nombre de barres d'ancrage et

la surface de grillage alors que la méthode d'abattage 1 présente une productivité moindre de l'ordre de 885 tonnes par rapport aux deux autres méthodes en considérant les mêmes travaux réalisés. La pose de grillage réduit le temps consacré aux autres activités en chantier, puisque le grillage est fixé uniquement dans la rampe d'accès au chantier.

Ce modèle peut être utilisé dans le but de minimiser les coûts par tonne de roche cassée en ce qui concerne les explosifs, les boulons, les barres d'ancrage et le grillage de la méthode d'abattage 1 en se basant sur une série de contraintes fournies par la compagnie minière.

On veut donc minimiser l'équation suivante:

$$\frac{C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + C_4X_4}{0.94X_1 + 6.14X_2 + 8.27X_3 - 5.57X_4 - 215.58}$$

où:

C_1: coût unitaire des explosifs ($/kg)

C_2: coût unitaire des boulons ($/boulon)

C_3: coût unitaire des barres d'ancrage ($/barre)

C_4: coût unitaire du grillage ($/m^2)

Le développement complet ainsi que les résultats de ce travail sont présentés dans la thèse de doctorat de l'auteur principal de ce rapport.

A noter qu'on peut refaire le même travail pour les autres méthodes d'abattage utilisées à cette mine, en rendant x_5 nul.

5.3.2 Autres variables dépendantes "Y"

Une série d'analyses ont été réalisées afin de créer des modèles permettant l'estimation des coûts par tonne de minerai cassée et les coûts par tonne totale cassée (incluant le stérile). Cependant, les résultats obtenus ne sont pas du tout concluants et n'ont pas été inclus dans le rapport. En effet, les R^2 obtenus pour les modèles étaient tous inférieurs à 10% et aucun test statistique n'était satisfait.

5.4 Mine D

5.4.1 Variable dépendante: nombre de tonnes cassées

Une analyse de diverses variables a été réalisée afin d'obtenir un modèle d'estimation du nombre de tonnes cassées sur une base mensuelle. Il est à noter que 23 observations ont été retenues pour l'analyse et qu'il y en a eu une de rejetée, dû à des problèmes rencontrés lors du relevé des informations. L'analyse a porté sur les variables indépendantes suivantes:

- le numéro de la période;
- le nombre de tonnes préforées;
- le nombre de livres de ANFO;
- le nombre de livres de TOVEX;

- le nombre de livres de CORDETS;
- le nombre de livres de BATONS.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 23):

- le nombre de livres de ANFO (X_1);
- le nombre de livres de TOVEX (X_2).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	1.37	0.735	0.93	4198	87647
X_2	1.67	0.360	0.76	770	38139
(constante)	-4132.63	-	-	-	-

R^2 = 0.960

Cas spéciaux (outlier): aucun

Commentaire général: Etant donné le faible nombre d'observations (23), il faut demeurer quelque peu prudent lors de l'utilisation d'un tel modèle malgré un R^2 très élevé (96%) et des tests d'hypothèses sur les résultats qui permettent d'adopter le modèle d'estimation. Cependant, il pourrait être intéressant de recréer un nouveau modèle avec un plus grand nombre d'observations. A noter que le coefficient "a" (c'est-à-dire le poids relatif) est

plus élevé dans le cas du TOVEX (a_2 = 1.67) que dans le cas du ANFO (a_1 = 1.37). Cela veut donc dire que pour un poids égal d'explosif, on obtient plus de tonnes cassées en utilisant du TOVEX qu'en utilisant du ANFO. Cependant, le coût du TOVEX est plus élevé que celui du ANFO (voir section 3.4.1.6).

L'exemple suivant montre comment on peut utiliser le modèle d'estimation obtenu:

Si,
X_1 = 15 000 livres de ANFO pour un mois donné
et
X_2 = 10 000 livres de TOVEX pour un mois donné
alors,
Y = 33 117 tonnes cassées [c'est-à-dire 33 117 = (15 000 X 1.37) + (10 000 X 1.67) - 4132.63]

Donc, un bon estimé du nombre de tonnes cassées est 33 117 tonnes en se basant sur la consommation d'explosif pour le mois en question.

De plus, le modèle d'estimation obtenu peut être utilisé, en combinaison avec une série de contraintes fixées par l'entreprise minière, afin d'optimiser la sélection des quantités d'explosifs ANFO et TOVEX pour trois cas différents soit:

- maximiser la production mensuelle;

- minimiser les coûts mensuels d'explosifs;
- minimiser les coûts mensuels d'explosifs par tonne de roche cassée.

Un rapport spécial intitulé "SELECTION OPTIMALE DES QUANTITES D'EXPLOSIFS BASEE SUR DES CONTRAINTES DE PRODUCTION ET UN RESULTAT D'ANALYSE DE REGRESSION MULTIPLE", a fait l'objet d'une présentation au 91e congrès annuel de l'ICM à Québec en mai 1989 et a été distribué à l'AMQ, au CRM et à CANMET au début de l'année 1989.

5.4.2 Variable dépendante: prime au rendement

Des analyses de régression multiple ont été réalisées pour chacun des cinq types de feuilles de calcul de la prime au rendement des travailleurs. Les analyses ont porté sur l'ensemble des variables indépendantes "X" qui suivent. Il est à noter que la ou les valeurs indiquées dans la colonne "type de feuilles de contrat" représentent les variables insérées dans l'analyse pour chaque type de feuilles.

Variables indépendantes	Type de feuilles de contrat
- le numéro de la période concernée	1, 2, 3, 4, 5
- le nombre de mineurs	1, 2, 3, 4, 5
- le nombre total d'heures travaillées	1, 2, 3, 4, 5
- le nombre de tonnes déblayées	1
- le nombre de pieds linéaires d'avance	1

- le nombre de pieds cubes d'avance 1
- la surface couverte par le boulonnage (pieds carrés) 1
- le nombre de pieds linéaires équivalents 4

Le nombre total d'observations incluant les cinq types de feuilles est de 1107.

5.4.2.1 Feuilles de contrat de type 1

Les analyses effectuées sur l'ensemble des variables indépendantes précitées, afin de tenter d'estimer la prime au rendement "Y" à verser aux mineurs, ont permis d'obtenir les résultats qui suivent.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 280):

- le nombre total d'heures travaillées (X_1);
- le nombre de mineurs (X_2);
- la surface couverte par le boulonnage (pieds carrés) (X_3);
- le nombre de pieds cubes d'avance (X_4);
- le nombre de pieds linéaires d'avance (X_5);
- le nombre de tonnes déblayées (X_6);
- le numéro de la période (X_7).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	4.91	0.962	0.96	4	910
X_2	-41.70	-0.151	0.45	1	17
X_3	0.04	0.114	0.68	0	17121
X_4	0.01	0.033	0.22	0	36021
X_5	0.13	0.040	0.15	0	2336
X_6	-0.10	-0.030	-0.03	0	2626
X_7	4.29	0.029	0.17	1	24
(constante)	49.59	-	-	-	-

$R^2 = 0.957$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (tonnes cassées)	Prédiction du modèle (tonnes cassées)
96	1443	2287
128	153	1189
210	3113	2528
241	3462	2751
265	2672	1999

Commentaire général: Malgré les cinq cas spéciaux, on peut considérer ce modèle comme valide et fiable, surtout à cause du R^2

qui est supérieur à 95%. Cependant, les vérifications effectuées concernant les hypothèses de normalité montrent que ce modèle demeure très bon sans être toutefois excellent. On peut noter que toutes les variables soumises ont été intégrées dans le modèle, mais que la variable principale concerne le nombre total d'heures travaillées et non les tâches réalisées. On peut également remarquer l'effet négatif sur la prime au rendement de l'affectation d'un plus grand nombre de mineurs, effet qui est en bonne partie compensé par la variable concernant le boulonnage. Les autres variables influencent l'ensemble de façon très mineure.

5.4.2.2 Feuilles de contrat de type 2

Les analyses de régression pour ce type de feuilles n'ont porté que sur trois variables indépendantes "X", telles que citées précédemment. Les principaux résultats suivent.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 82):

- le nombre de mineurs (X_1);
- le nombre total d'heures travaillées (X_2).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	24.98	0.439	0.45	1	52
X_2	0.42	0.318	0.34	8	1917
(constante)	55.08	-	-	-	-

$R^2 = 0.306$

Cas spécial (outlier)

Echantillon no	Observation	Prédiction du modèle
64	3458	1399

Commentaire général: en plus d'une valeur R^2 très faible (30.6%), aucun des critères de validation n'est rencontré pour ce modèle. Ce résultat n'est pas vraiment surprenant car, même si la prime au rendement versée aux mineurs est fonction du nombre total d'heures travaillées pour ce type de contrat, le taux horaire versé aux mineurs varie selon le type précis de tâche effectuée à chaque contrat.

5.4.2.3 Feuilles de contrat de type 3

Les analyses, pour ce type de feuilles portant sur les mêmes variables que pour la section précédente, présentent les résultats suivants:

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 307):

- le nombre total d'heures travaillées (X_1);
- le nombre de mineurs (X_2);
- le numéro de la période (X_3).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	1.93	0.760	0.91	1	1180
X_2	22.37	0.189	0.77	1	24
X_3	7.16	0.073	0.21	1	24
(Constante)	-153.80	-	-	-	-

$R^2 = 0.855$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation	Prédiction du modèle
44	1431	585
130	2437	1338
148	1804	2572
290	3025	1677
295	2874	1653
300	2492	1582
304	2423	1570

Commentaire général: la valeur du R^2 étant assez élevée, on pourrait croire que le modèle soit très bon. Cependant, les tests d'hypothèses de normalité des résidus obligent à classer ce modèle comme bon. Une fois de plus, la variable importante dans le modèle est le nombre total d'heures travaillées, ce qui signifie que le taux horaire de prime au rendement pour ce type de contrat n'est pas tellement variable.

5.4.2.4 Feuilles de contrat de type 4

Les variables incluses pour l'analyse de régression multiple sont les mêmes que pour la section précédente avec, en plus, le nombre de pieds linéaires équivalents de forage à la production.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 153):

- le nombre total d'heures travaillées (X_1);
- le nombre de mineurs (X_2);
- le nombre de pieds linéaires équivalents (X_3);
- le numéro de la période (X_4).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	3.68	0.683	0.86	3	194.5
X_2	49.86	0.215	0.52	1	6
X_3	0.05	0.325	0.62	0	5472
X_4	8.90	0.255	-0.13	1	24
(constante)	-191.25	-	-	-	-

$R^2 = 0.868$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation	Prédiction du modèle
105	1104	824
142	941	631

Commentaire général: La valeur du R^2 (86.8%) ainsi que l'ensemble des tests d'hypothèses effectués sur les résultats permettent de conclure que ce modèle peut être classé comme valide pour l'estimation de la prime au rendement de ce groupe de travailleurs. Encore une fois, la variable importante dans ce modèle est le nombre total d'heures travaillées. Le second facteur représente le forage de production. Donc, l'octroi de la prime au rendement est fonction d'une combinaison de ces deux facteurs basés sur des standards fixes. L'impact du numéro de période provient sans doute du fait que la mine a accru ses taux au cours de la période à l'étude.

5.4.2.5 Feuilles de contrat de type 5

Les mêmes variables que pour les types de feuilles de contrat 2 et 3 sont utilisées afin de tenter de créer un modèle d'estimation de la prime au rendement pour ce groupe de mineurs.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 285)

- le nombre total d'heures travaillées (X_1);
- le numéro de la période (X_2).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	1.19	0.704	0.68	0	1421
X_2	5.60	0.091	-0.08	1	24
(constante)	-54.86	-	-	-	-

$R^2 = 0.473$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation	Prédiction du modèle
91	557	1497
92	3648	1407
109	437	1395
110	4252	1687
116	459	1388
117	2110	745

Commentaire général: l'ensemble des résultats obtenus concernant ce type de contrat obligent à rejeter ce modèle d'estimation de la prime au rendement. Il n'est pas vraiment surprenant de ne pouvoir obtenir un modèle plus fiable étant donné que le taux de prime au rendement est fonction de la tâche précise réalisée à l'intérieur de ce type de feuilles de contrat qui regroupent divers travaux de services (opérateur de treuil, opérateur de cage, aide boutefeu, boutefeu,...).

5.5 Mine E

5.5.1 Variable dépendante: nombre de tonnes cassées par période

Les analyses de régression multiple, pour chaque méthode d'abattage ayant comme variable dépendante "Y" le nombre de tonnes cassées par période mensuelle, porte sur les variables indépendantes "X" suivantes:

- profondeur du chantier par rapport à la surface (pieds);
- distance séparant le chantier du puits d'accès (pieds);
- puits utilisé (1 - 2 - 3);
- nombre de mineurs affectés à un chantier par période;
- nombre d'heures de contrat en temps de "compagnie";
- nombre d'heures de contrat en temps de "leader";
- nombre d'heures de contrat en temps de "minage";
- nombre de pieds forés pour la production;
- nombre de boulons de 4 pieds ancrés;

- nombre de boulons de 5 pieds ancrés;
- nombre de boulons de 7 pieds ancrés;
- nombre de boulons de 9 pieds ancrés;
- nombre de poteaux installés;
- nombre de tonnes de remblai hydraulique;
- nombre de pieds de cheminées à minerai;
- nombre de pieds de passages d'hommes;
- nombre de tonnes de parement;
- nombre de pieds de monteries;
- nombre de pieds carrés de clôture de type A;
- nombre de pieds carrés de clôture de type G;
- longueur des chantiers (pieds);
- largeur des chantiers (pieds);
- âge du chantier (années);
- nombre de tonnes raclées (raclage simple ou double);
- nombre de tonnes déblayées.

Après avoir présenté les modèles de régression obtenus pour chacune des méthodes d'abattage, une dernière section discutera ces résultats.

5.5.1.1 Abattage par chambres remblayées

Le résultat obtenu permet de constater que 10 facteurs expliquent les variations du niveau de productivité pour cette méthode de travail, et ce avec 230 observations:

- nombre de tonnes déblayées (X_1);
- nombre de tonnes raclées (X_2);
- nombre de tonnes de parement (X_3);

- nombre de pieds de monteries (X_4);
- nombre de boulons de 5 pieds ancrés (X_5);
- nombre de boulons de 7 pieds ancrés (X_6);
- nombre de boulons de 9 pieds ancrés (X_7);
- utilisation du puits numéro 1 (X_8);
- nombre de pieds carrés de clôture de type G (Y_9);
- nombre de boulons de 4 pieds ancrés (X_{10}).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.707	0.857	0.831	0	4965
X_2	0.660	0.407	-0.025	0	3270
X_3	-0.665	-0.169	0.048	0	2310
X_4	-7.497	-0.117	-0.083	0	24
X_5	1.567	0.144	-0.067	0	342
X_6	1.051	0.161	0.717	0	485
X_7	6.202	0.114	0.637	0	108
X_8	103.615	0.068	-0.136	0	1
X_9	0.187	0.066	0.386	0	2195
X_{10}	-109.233	-0.047	-0.019	0	5
(Constante)	-39.425	-	-	-	-

$R^2 = 0.899$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (tonnes cassées)	Prédiction du modèle (tonnes cassées)
95	2200	1278
96	305	1148
116	2413	3278
124	945	1966
130	1345	2070

Commentaire général: ce modèle d'estimation de la production peut être considéré comme bon, alors que le R^2 est très élevé (près de 90%) et que l'ensemble des tests statistiques portant sur les résultats obtenus avec le logiciel REGRESSION sont concluants. A noter les réductions de productivité occasionnées par les parements et monteries, où sont sans doute utilisés les boulons de quatre pieds. L'indépendance du forage vient du sautage en vrac des tranches qui est souvent réalisé à des périodes différentes. Cependant, après le sautage, plus l'écaillage et le boulonnage sont effectués rapidement, plus l'équipement peut racler et déblayer les tonnes, d'où les relations positives entre ces variables et les tonnes cassées.

5.5.1.2 Abattage par chambres magasins

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 385):

- nombre de boulons de 5 pieds ancrés (X_1);
- nombre de boulons de 7 pieds ancrés (X_2);

- nombre d'heures de contrat en temps de "leader" (X_3);
- utilisation du puits numéro 2 (X_4);
- distance séparant le chantier du puits d'accès (pieds) (X_5);
- longueur des chantiers (pieds) (X_6);
- nombre de tonnes raclées (X_7);
- nombre de pieds de monteries (X_8).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	3.291	0.588	0.780	0	828
X_2	3.491	0.222	0.234	0	357
X_3	1.798	0.196	0.701	6	346
X_4	309.110	0.179	0.271	0	1
X_5	0.193	0.180	0.047	100	3000
X_6	0.457	0.081	0.514	0	742
X_7	0.170	0.066	0.275	0	4050
X_8	-3.369	-0.056	0.146	0	24
(Constante)	-426.737	-	-	-	-

$R^2 = 0.757$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (tonnes cassées)	Prédiction du modèle (tonnes cassées)
7	1615	2821
66	2789	1324
70	2960	1457
73	102	1334
134	2090	384
226	2640	1444
227	3435	2234
257	2830	1591

Commentaire général: ce modèle d'estimation, présentant un R^2 quelque peu faible à 76%, peut tout de même être considéré comme moyen, alors que les autres tests statistiques effectués sur les résultats sont valables. Les mêmes remarques que précédemment s'appliquent, en ce qui concerne le boulonnage, le raclage et les monteries. Il est évident aussi que, dans une exploitation en vrac, la longueur du chantier influence positivement le rendement: les chantiers plus courts ne peuvent pas toujours être exploités en vrac. Quant à la distance du chantier au puits, la figure E.91 l'explicite: un accroissement de productivité de l'ordre de 15%, qui peut être attribué possiblement à des différences dans la dimension des chantiers aux diverses distances du puits.

5.5.1.3 Récupération de piliers

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 56):

- nombre de tonnes déblayées (X_1);
- nombre de tonnes raclées (X_2);
- nombre de poteaux installés (X_3);
- nombre de boulons de 7 pieds ancrés (X_4).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.799	0.968	0.599	0	2200
X_2	0.754	0.698	0.130	0	1700
X_3	0.536	0.204	0.518	25	960
X_4	2.886	0.129	0.216	0	86
(Constante)	29.208	-	-	-	-

$R^2 = 0.804$

Cas spéciaux (outliers): aucun

Commentaire général: ce modèle d'estimation de la production pour la méthode de récupération des piliers devrait être utilisé avec réserve malgré un R^2 intéressant à 80%, étant donné le faible

nombre d'observations (56) qui ne permet pas d'évaluer les autres résultats de l'analyse de régression (distribution uniforme des résidus, influence de chaque observation,...).

5.5.1.4 Discussion concernant les modèles d'estimation de la production

Pour les méthodes d'abattage par chambres remblayées et par récupération de piliers, les variables ayant trait au déblayage et au raclage prédominent nettement, ce qui indique bien que le minerai une fois cassé, est soutiré du chantier assez rapidement. Ces deux variables ne ressortent évidemment pas de façon significative pour la méthode par chambres magasins alors qu'une faible partie du minerai est raclée suite au cassage et que l'ensemble n'est soutiré qu'à la fin de la vie du chantier.

La seule variable retrouvée pour les trois méthodes d'abattage a trait au soutènement des chantiers (boulons de 5, 7 et 9 pieds et poteaux). Ce facteur indique que le soutènement est fait sur une base relativement systématique, particulièrement en chambres magasins, et qu'il est parfois ajusté suivant, probablement, les conditions de terrain.

Finalement, le dernier point à noter est la relation positive entre la distance séparant le chantier du puits d'accès à la mine et la production pour la méthode par chambres magasins. Ceci signifie que les chantiers les plus productifs sont davantage éloignés du puits, probablement dû aux dimensions plus grandes de ces chantiers.

5.5.2 Variable dépendante: prime au rendement versée par période

Cette section, présentant les modèles d'estimation de la prime au rendement à octroyer aux mineurs à chaque période, utilise les mêmes variables indépendantes que citées à la section 5.5.1, sauf que la variable ayant trait au niveau de production (tonnes cassées) devient également une variable indépendante.

5.5.2.1 Abattage par chambres remblayées

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 230):

- nombre de tonnes cassées (X_1);
- nombre de tonnes de parement (X_2);
- nombre de tonnes de remblai hydraulique (X_3);
- nombre de poteaux installés (X_4);
- nombre de pieds de monteries (X_5);
- nombre de pieds de cheminées à minerai (X_6);
- nombre d'heures de contrat en temps de "minage" (X_7);
- nombre de boulons de 7 pieds ancrés (X_8);
- nombre de tonnes raclées (X_9);
- profondeur du chantier par rapport à la surface (pieds) (X_{10});
- nombre de tonnes déblayées (X_{11});
- nombre de boulons de 5 pieds ancrés (X_{12});
- nombre de pieds de passage d'hommes (X_{13});
- nombre de mineurs affectés à un chantier par période (X_{14});

- nombre de pieds carrés de clôture de type A (X_{15});
- nombre de pieds carrés de clôture de type G (X_{16});
- utilisation du puits numéro 1 (X_{17});
- distance séparant le chantier du puits d'accès (X_{18});
- nombre d'heures de contrat en temps de "compagnie" (X_{19}).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	0.627	0.317	0.803	0	4645
X_2	1.216	0.157	0.313	0	2310
X_3	0.447	0.234	0.525	0	7795
X_4	7.211	0.217	0.304	0	353
X_5	12.972	0.102	0.126	0	24
X_6	36.688	0.148	0.130	0	24
X_7	-4.232	-0.322	0.492	0	508
X_8	4.945	0.384	0.687	0	485
X_9	0.843	0.263	0.097	0	3270
X_{10}	0.284	0.087	0.037	675	2175
X_{11}	0.452	0.277	0.717	0	4965
X_{12}	3.271	0.151	-0.098	0	342
X_{13}	28.338	0.110	-0.010	0	24
X_{14}	-35.631	-0.085	0.173	1	23
X_{15}	0.628	0.118	0.442	0	2080
X_{16}	0.673	0.120	0.390	0	2195
X_{17}	256.989	0.085	-0.064	0	1
X_{18}	-0.210	-0.064	-0.004	450	3100
X_{19}	-0.714	-0.047	-0.113	0	417
(Constante)	100.254	-	-	-	-

$R^2 = 0.926$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (boni)	Prédiction du modèle (boni)
31	866	-417
116	6788	5543

Commentaire général: ce modèle d'estimation de l'attribution de la prime au rendement aux travailleurs est complexe, alors que 19 variables sont incluses dans le modèle. Le modèle obtenu est bon avec un R^2 élevé (92.6%) et des tests d'hypothèse sur les résultats fournis par le logiciel REGRESSION qui sont concluants.

5.5.2.2 Abattage par chambres magasins

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 385):

- nombre de tonnes cassées (X_1);
- nombre de tonnes raclées (X_2);
- nombre d'heures de contrat en temps de "minage" (X_3);
- nombre de pieds de monteries (X_4);
- nombre de boulons de 5 pieds ancrés (X_5);
- nombre de poteaux installés (X_6);
- nombre de boulons de 7 pieds ancrés (X_7);
- largeur des chantiers (pieds) (X_8);
- nombre de pieds de passage d'hommes (X_9);
- nombre de tonnes de parement (X_{10});
- nombre de pieds forés pour la production (X_{11});

- distance séparant le chantier du puits d'accès (pieds) (X_{12}) ;
- nombre de mineurs affectés à un chantier par période (X_{13}) ;
- nombre de boulons de 4 pieds ancrés (X_{14}) ;
- nombre d'heures de contrat en temps de "leader" (X_{15}) ;
- utilisation du puits numéro 3 (X_{16})

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	1.310	0.766	0.875	0	3815
X_2	0.731	0.167	0.408	0	4050
X_3	-4.247	-0.315	0.481	0	356
X_4	16.465	0.160	0.290	0	24
X_5	3.146	0.329	0.753	0	828
X_6	11.988	0.072	0.210	0	64
X_7	2.619	0.098	0.193	0	357
X_8	-35.736	-0.068	0.140	0	15.7
X_9	12.889	0.084	0.298	0	47
X_{10}	0.922	0.044	0.127	0	600
X_{11}	0.195	0.061	0.082	0	2784
X_{12}	0.136	0.074	0.053	100	3000
X_{13}	-19.247	-0.042	0.138	1	18
X_{14}	2.696	0.052	0.223	0	320
X_{15}	-1.119	-0.071	0.588	6	346
X_{16}	-105.988	-0.036	-0.026	0	1
(Constante)	233.52	-	-	-	-

$R^2 = 0.910$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (boni)	Prédiction du modèle (boni)
51	2075	531
164	4590	7064
183	2906	1621
185	3532	2143
194	615	-701

Commentaire général: les résultats obtenus, présentant un R^2 élevé (91%), permettent d'indiquer que ce modèle d'estimation, incluant plusieurs variables indépendantes, peut être classé comme excellent et utilisable pour faire de la prédiction.

5.5.2.3 Récupération de piliers

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 56):

- nombre de tonnes cassées (X_1);
- nombre de pieds carrés de clôture de type G (X_2);
- nombre de pieds de passages d'hommes (X_3);
- utilisation du puits numéro 1 (X_4).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	2.770	0.746	0.833	0	3000
X_2	0.612	0.264	0.294	0	2850
X_3	137.774	0.195	0.291	0	10
X_4	-384.372	-0.174	-0.407	0	1
(Constante)	391.667	-	-	-	-

$R^2 = 0.827$

Cas spéciaux (outliers): aucun

Commentaire général: ce modèle d'estimation de la prime au rendement peut être considéré comme moyen avec un R^2 de 82.7%, à cause surtout de tests statistiques difficilement évaluables graphiquement, étant donné le faible nombre d'observations (N = 56).

5.5.2.4 Discussion concernant les modèles d'estimation de la prime au rendement

Chaque modèle d'estimation obtenu est principalement lié au nombre de tonnes cassées, ce qui confirme les résultats obtenus au chapitre trois qui indiquaient que la prime au rendement était

davantage liée au nombre de tonnes cassées qu'aux travaux préparatoires (forage et sautage) du minerai.

Par la suite, en ce qui a trait aux méthodes d'abattage par chambres remblayées et par chambres magasins, la prime au rendement est ajustée à la baisse lorsque le nombre d'heures de contrat en temps de "minage" augmente, car ajustée en fonction de tâches connexes précises réalisées en chantier pendant ces heures, soit le boulonnage, l'installation de poteaux, le remblayage, le raclage et le déblayage. Les autres variables indépendantes incluses dans les modèles pour ces deux méthodes servent à mieux ajuster les résultats mais sont moins significatives. Toutefois, on peut remarquer la réduction de la prime lorsque le nombre de mineurs s'accroît, ainsi que le désavantage de certains puits. Enfin, la largeur du chantier semble influencer l'octroi de boni en chambres magasins.

L'attribution de la prime au rendement pour la méthode de récupération des piliers, en plus d'être principalement associée au nombre de tonnes cassées, est fonction du nombre de pieds carrés de clôture installés et du nombre de pieds de passages d'hommes réalisés. Il semble que les activités soient moins complexes dans ce cas. Finalement, la bonification semble inférieure, en moyenne, pour ce type de chantiers au puits numéro 1, possiblement dû aux conditions de travail moins difficiles à cet endroit, ou à une difficulté accrue de service.

5.6 Mine F

Les analyses de régression multiple pour la mine F n'ont pu être réalisées que pour créer des modèles d'estimation de la prime au rendement pour chaque type de contrat, à partir des fichiers des travailleurs regroupés.

A noter que les fichiers des travailleurs pris individuellement pour chaque type de contrat ont fait l'objet d'analyses de régression. Par contre, les résultats obtenus ne sont généralement reliés qu'au nombre de postes de travail réalisés, tel qu'attendu suite aux figures de la section 3.6. C'est pourquoi ces derniers résultats ne sont pas présentés en détail dans cette section de chapitre.

5.6.1 Contrats de type 1; forage des trous profonds

L'analyse de régression multiple effectuée sur les contrats de type 1 (forage des trous profonds) afin d'estimer la prime au rendement a porté sur les informations suivantes:

- nombre d'hommes-postes;
- nombre de mineurs;
- surplus en rapport de condition (hommes-postes);
- nombre de pieds de forage;
- distance séparant le puits du point de travail (pieds).

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 689):

- nombre d'hommes-postes (X_1);
- nombre de pieds de forage (X_2).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	58.522	0.655	0.913	0	13
X_2	0.109	0.340	0.838	0	1340
(Constante)	-5.465	-	-	-	-

$R^2 = 0.882$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (boni)	Prédiction du modèle (boni)
163	129	427
233	409	738
385	688	391
394	444	156
405	1249	785
418	1321	737
421	886	582
437	1237	702
586	977	713
597	983	729
674	225	741

Commentaire général: ce modèle d'estimation, qu'on peut considérer comme valable, permet d'affirmer que la prime au rendement est directement liée au temps de travail effectué et, dans une moindre proportion, au travail de forage effectivement réalisé.

5.6.2 Contrats de type 2: forage de galeries et monteries

L'obtention du modèle d'estimation de la prime au rendement pour ce type de contrats a été réalisée par l'analyse des variables suivantes:

- nombre d'hommes-postes;
- nombre de mineurs;
- nombre de pieds de galerie de sous-niveau;
- nombre de pieds de galerie (8' x 10');
- nombre de pieds de galerie (8' x 12');
- nombre de pieds de galerie au jumbo (10' x 12');
- nombre de pieds de galerie au jumbo (10' x 13');
- nombre de volées forées seulement;
- nombre de volées sautées seulement;
- nombre de boulons de 6 pieds avec sangles;
- nombre de boulons de 8 pieds avec sangles;
- nombre de poteaux de sécurité (acier);
- nombre de trous de service;
- nombre de pieds d'avance de l'entaille;
- nombre d'hommes-postes en travail spécial de galerie;

- nombre d'hommes postes en travail spécial de déblayage;
- nombre d'hommes-postes en travail spécial de cheminée;
- nombre de livres de bâtons d'explosif;
- nombre de livres d'agent de sautage;
- nombre de livres de bâtons d'explosif périphérique;
- nombre de pieds de trous de vérification (extension);
- nombre de pieds de trous de vérification (fleuret normal);
- allocation pour distance;
- nombre de pieds de cheminée (6' x 6');
- nombre de pieds de cheminée (8' x 8');
- nombre de pieds de cheminée (9' x 9').

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 269):

- nombre d'hommes-postes (X_1);
- nombre de livres de bâtons d'explosif (X_2);
- nombre de pieds d'avance de l'entaille (X_3);
- nombre de boulons de 6 pieds avec sangles (X_4);
- nombre de pieds de galerie au jumbo (10' x 13')(X_5);
- nombre de pieds de cheminée (8' x 8')(X_6);
- nombre de pieds de cheminée (9' x 9')(X_7);
- nombre d'hommes-postes en travail spécial de cheminée (X_8);
- nombre d'hommes-postes en travail spécial de galerie (X_9);

- nombre de boulons de 8 pieds avec sangles (X_{10});
- nombre de pieds de cheminée (6' x 6')(X_{11});
- nombre de pieds de galerie au jumbo (10' x 12')(X_{12});
- nombre de volées forées seulement (X_{13});
- nombre de pieds de galerie (8' x 10')(X_{14});
- nombre d'hommes-postes en travail spécial de déblayage (X_{15});
- nombre de pieds de galerie de sous-niveau (X_{16}).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	-8.754	-0.122	0.856	0.25	18
X_2	12.583	0.077	0.687	0	10
X_3	0.122	0.118	0.327	0	15
X_4	2.539	0.407	0.574	0	440
X_5	9.379	0.482	0.655	0	100
X_6	16.326	0.276	0.041	0	33
X_7	18.498	0.235	0.065	0	34
X_8	80.334	0.184	0.024	0	7
X_9	56.935	0.499	0.126	0	6.5
X_{10}	2.358	0.302	0.764	0	172
X_{11}	13.282	0.225	0.070	0	44
X_{12}	8.064	0.228	0.319	0	110
X_{13}	9.432	0.104	0.156	0	20
X_{14}	5.547	0.157	0.082	0	83
X_{15}	35.789	0.247	-0.202	0	6
X_{16}	6.042	0.233	0.138	0	57
(Constante)	-14.71	-	-	-	-

$R^2 = 0.961$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (boni)	Prédiction du modèle (boni)
145	167	390
158	630	491
227	250	475
234	266	463
239	760	494
263	914	632

Commentaire général: le modèle d'estimation obtenu pour les contrats qui ont trait au forage des galeries et des monteries présente un R^2 de 96% (très bon) et des résultats globaux les validant. Sur la figure F.36, on notait une certaine relation positive entre la prime au rendement et le nombre d'hommes-postes mais avec certaines variations autour d'une droite moyenne. Ce résultat d'analyse de régression multiple démontre en fait que la prime au rendement obtenue par les travailleurs est directement fonction de la tâche réalisée (boulonnage, forage de galeries,...) et ce, à divers taux de rémunération, ce qui explique le résultat de la figure F.36 et le fait que le nombre d'hommes-postes à chaque tâche réduise la prime mensuelle octroyée aux mineurs.

5.6.3 Contrats de type 3: déblayage

L'analyse de régression multiple pour les contrats de déblayage des galeries et des monteries a été effectuée sur les variables suivantes:

- nombre d'hommes-postes;
- nombre de mineurs;
- distance d'accès au point de travail (pieds).

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 155):

- nombre d'hommes-postes (X_1);
- nombre de mineurs (X_2).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	18.077	0.752	0.888	-0.25	16
X_2	10.590	0.214	0.691	1	9
(Constante)	-6.037	-	-	-	-

$R^2 = 0.817$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (boni)	Prédiction du modèle (boni)
11	282	149
80	6	381

Commentaire général: les résultats obtenus indiquent que ce modèle est relativement fiable. Ainsi, tel qu'obtenu sur la figure F.56, il existe une bonne relation entre la prime au rendement et le nombre d'hommes-postes réalisés. On retrouve également un certain lien entre la variable dépendante et le nombre de mineurs affectés à chaque contrat par période. Cependant, cette seconde variable indépendante n'ajoute que peu de confiance au modèle.

En fait, il aurait probablement existé une relation avec la distance de transport du matériel. Malheureusement, cette variable n'était pas disponible lors du relevé des informations.

5.6.4 Contrats de type 4: chargement et sautage

Les analyses de régression multiple pour les contrats de type 4 (chargement et sautage) ont porté sur les variables suivantes:

- nombre d'hommes-postes;
- nombre de mineurs;
- distance séparant le point de travail et le puits (pieds);
- nombre de livres d'explosifs chargées.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 48):

- nombre d'hommes-postes (X_1);
- nombre de mineurs (X_2).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	20.008	1.000	1.000	1	165
X_2	-0.063	0.000	0.966	2	30
(Constante)	0.082	-	-	-	-

$R^2 = 1.00$

Cas spéciaux (outliers): aucun

Commentaire général: ce résultat concluant, reliant parfaitement la prime au rendement au nombre d'hommes-postes réalisés, était attendu suite à l'examen de la figure F.60. En somme, la prime au rendement versée aux travailleurs est uniquement fonction du temps affecté à ce type de contrat et non à la tâche réellement effectuée.

5.6.5 Contrats de type 5: production (déblayage)

Les mêmes variables que pour les contrats de type 3 sont analysées pour l'obtention du modèle d'estimation pour les contrats de déblayage à la production et les contrats de boisage (à venir à la section 5.6.6).

Variable incluse dans le modèle (nombre d'observations: 242):

- nombre d'hommes-postes (X_1).

Principaux résultats:

Variable	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	24.794	0.989	0.989	0.25	62
(Constante)	2.349	-	-	-	-

$R^2 = 0.978$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (boni)	Prédiction du modèle (boni)
1	1047	923
88	768	638
92	495	365
97	488	359
144	1001	858
215	742	864

Commentaire général: ce modèle, relativement fiable avec un R^2 très élevé et des tests statistiques concluants, permet de réaliser une fois de plus que la prime au rendement est directement fonction du temps affecté aux contrats de déblayage de production. Il aurait peut-être été possible d'améliorer davantage le modèle si

la distance de halage avait pu être obtenue lors du relevé de l'information à la mine.

5.6.6 Contrats de type 6: boisage

A noter que les mêmes variables que pour les contrats de type 3 et 5 sont considérées.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 521):

- nombre d'hommes-postes (X_1);
- nombre de mineurs (X_2).

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	21.866	1.178	0.727	0.25	82
X_2	-20.528	-0.586	0.321	1	28
(Constante)	61.731	-	-	-	-

$R^2 = 0.668$

Cas spéciaux (outliers):

Echantillon no	Observation (boni)	Prédiction du modèle (boni)
23	546	1041
164	1000	437
176	1350	549
189	1081	432
200	1887	764
237	1294	566
249	863	356
294	756	330
436	762	354

Commentaire général: le modèle d'estimation obtenu pour ce type de contrat (boisage) ne rencontre pas les critères statistiques de validation.

Un retour à la figure F.70 permet de réaliser en fait que le boni est effectivement lié au nombre d'hommes-postes réalisés mais à divers taux de prime au rendement. Il aurait donc été possible d'obtenir un modèle d'estimation valide si chacune des tâches de boisage avaient été sous-codifiées pour les différencier.

5.7 Mine G

5.7.1 Variable dépendante: nombre de tonnes cassées

Un modèle d'analyse de régression multiple a été créé afin d'estimer le nombre de tonnes cassées par période (stérile + minerai) à partir d'un fichier contenant 1300 observations et les informations suivantes:

- nombre d'heures de type R;
- nombre d'heures de type S;
- nombre d'heures de type X;
- nombre d'heures de type A;
- nombre d'heures de type B;
- nombre d'heures de type C;
- nombre d'heures de type D;
- nombre de trous vers le haut;
- nombre de trous vers le bas;
- longueur de trous standards (pieds);
- longueur de trous forés avec une foreuse jumbo (pieds);
- nombre de trous sautés;
- nombre de volées sautées;
- nombre de boulons standards installés;
- nombre de boulons installés avec grillage.

Les résultats complets ne seront pas illustrés, car le modèle d'estimation obtenu présente un R^2 très faible (33%) et ne rencontre aucun test statistique de façon valable. Il en est de même pour le modèle décrivant l'estimation du nombre de pieds forés par période.

Un retour aux figures du chapitre trois pour la mine G permet de comprendre en bonne partie ces résultats alors qu'on y retrouvait de grandes variations entre les périodes pour les diverses variables, possiblement dues aux conditions de terrain existant à cette mine.

5.7.2 Variable dépendante: prime au rendement

Un modèle d'estimation de l'attribution de la prime au rendement basé sur le nombre d'heures de travail selon le type de contrat (R, S, X, A, B, C, D) portant sur plus de 12 000 observations n'a pas permis d'obtenir de résultats concluants. En effet, le R^2 ne se situe qu'à 68% et plusieurs tests de normalité ne sont pas satisfaisants.

Les figures du chapitre trois semblaient montrer que plusieurs modifications avaient été effectuées sur les taux de rémunération au rendement dans le temps, ce qui peut expliquer en bonne partie la non-validité du modèle d'estimation.

5.7.3 Variable dépendante: nombre de tonnes soutirées

Le dernier modèle d'estimation créé sert à prédire le nombre de tonnes soutirées des chantiers en fonction de trois variables indépendantes, soit:

- nombre de voyages de camions de 8 tonnes;
- nombre de voyages de chargeuses ST-5;
- nombre de voyages de chargeuses ST-2.

Variables incluses dans le modèle (nombre d'observations: 97):

- nombre de voyages de chargeuses ST-5;
- nombre de voyages de camions de 8 tonnes.

Principaux résultats:

Variables	Coefficient a_i	Coefficient Beta	Corrélation linéaire	Xmin	Xmax
X_1	5.265	0.971	0.966	252	1959
X_2	8.585	0.163	0.132	3	132
(Constante)	-77.080	-	-	-	-

$R^2 = 0.96$

Cas spéciaux (ouliers):

Echantillon no	Observation (tonnes soutirées)	Prédiction du modèle (tonnes soutirées)
37	1560	6700
45	12088	6789

Commentaire général: le modèle de régression obtenu permet d'estimer le nombre de tonnes extraites par période avec un certain degré de confiance (R^2 = 96%). Ce modèle, combiné avec un simulateur pour le calcul du temps de parcours entre le point de chargement et le point de déchargement, pourrait permettre

d'estimer rapidement le nombre de camions et de chargeuses à assigner à cette tâche pour rencontrer les contraintes de production.

CHAPITRE VI

LA REMUNERATION AU RENDEMENT DANS LES MINES PARTICIPANTES

6.1 Les systèmes de rémunération au rendement

De plus en plus, l'industrie minière canadienne et québécoise fait face à une grande compétition au niveau mondial: prix à la baisse de certains métaux (actuellement l'or et l'argent) et coûts d'opération très élevés par rapport aux concurrents. Il est donc primordial d'améliorer la productivité tout en minimisant les coûts d'exploitation et ce, dans un environnement toujours plus sécuritaire pour les travailleurs, afin de permettre la survie de notre industrie minière au plan mondial.

Les améliorations technologiques récentes (équipements, méthodes d'abattage,...), particulièrement pour les mines possédant des gisements massifs de grande envergure, font en sorte que les primes au rendement versées aux mineurs sont davantage fonction de tâches spécialisées. Par contre, pour les petites mines qui constituent une fraction importante de l'activité minière au Québec, le mode de rémunération au rendement dépend des politiques internes. Il existe, en somme, trois systèmes distincts, soit:

i) <u>système basé sur le rendement individuel:</u>

la prime au rendement est calculée en proportion de la tâche réalisée par chaque travailleur pris individuellement;

ii) <u>système basé sur la production d'un groupe de travailleurs:</u>

la rémunération au rendement est établie en fonction de la somme des travaux réalisés par une équipe de mineurs en chantier puis répartie proportionnellement au nombre d'heures travaillées par chaque mineur et/ou aux degrés de qualifications des travailleurs;

iii) <u>système basé sur la production d'un département:</u>

la rémunération au rendement est fonction, en général, des coûts globaux de la production et peut varier selon le taux horaire de chaque travailleur ou de la catégorie professionnelle de chacun.

Les sous-sections qui suivent servent à présenter, de façon générale, les modes de rémunération au rendement utilisés dans les sept mines participantes du projet, particulièrement pour les groupes de travailleurs affectés à la production (tableau 6.1).

Mine A	Mine B	Mine C	Mine D	Mine E	Mine F	Mine G
• Tonnes cassées (largeur du front, hauteur) • Boulons installés (5' et 8') • Grillage • Bande de métal • Tonnes raclées (simple, double, distance) • Tonnes déblayées (distance) • Remblayage (clôture, tonnage) • Poteaux installés (dimension, longueur) • Conditions en chantier • Nombre d'hommes-postes (déduction) • Mineurs en formation	• Sous-niveau (avance, dimension) • Parement (tonnage) • Boulons installés • Bandes de métal • Forage longs trous (longueur) • Tonnes cassées • Tonnes raclées • Nombre d'hommes-postes (déduction) • Conditions en chantier	• Basé sur les objectifs de production (effort collectif) • Pourcentage du salaire de base Production : 25% Services : 15% Technique : 10% • Prime de sécurité	• Développement (avance) • Production (tonnes cassées, forage, précision, alésage) • Déblayage (volume, distance) • Services (heures de travail)	• Heures • Forage (+/-) • Boulons installés (4', 5', 7', 9') • Grillage • Poteaux installés • Tonnes cassées (hauteur de la coupe.) • Déblayage (tonnes, distance) • Remblai • Cheminée à minerai • Parement • Monterie • Sous-niveau (avance) • Clôtures pour remblai • Raclage (simple, double) • Support quadrillé • Nombre d'hommes-postes (déduction)	• Forage • Postes de travail (déduction) • Avance de galerie • Boulons installés • Trous de vérification • Trous de service • Distance de transport • Type d'équipement	• Forage • Boulons installés • Grillage • Conditions de travail • Postes de travail

Tableau 6.1 Critères d'attribution de la prime au rendement des sept mines participantes

6.1.1 Mine A

Tel qu'observé précédemment lors des analyses bidimensionnelles et des analyses de régression multiple, la prime au rendement est calculée en fonction des diverses tâches effectuées dans chaque chantier de production. Plus précisément, l'octroi du boni correspond aux diverses tâches suivantes, avec des taux différents pour chacune d'elles:

- nombre de tonnes cassées selon la largeur du front de travail (coupe et remblai et chambres magasins) ou la hauteur du chantier (chambres et piliers);
- nombre de boulons installés (5', 8', grillage, bois, sangle de métal);
- nombre de tonnes raclées (simple, double) selon la distance moyenne de raclage;
- nombre de tonnes déblayées (cavo);
- remblayage (clôture, poteaux, distance, tonnage);
- nombre de poteaux installés (dimension, longueur);
- autres travaux occasionnels à taux variables par poste;
- ajustements selon la situation en chantier;
- nombre d'hommes-postes réalisés (déduction sur la prime totale).

Il existe également une politique d'attribution de la prime au rendement pour les foreurs débutants. Celle-ci s'accroît graduellement au cours des 6 premiers mois de travail, passant de 0% à 15%, 20%, 25%, 40%, 60% et 100% au sixième mois.

Il faut noter l'approche utilisée à cette mine, exploitant un gisement métallifère filonien, pour l'octroi de la prime au rendement. Ainsi, dans le but de minimiser la dilution du minerai lors de l'exploitation, on offre aux travailleurs une prime au rendement supérieure par tonne de roche cassée lorsque ceux-ci minimisent la dimension de l'ouverture pour mieux suivre la veine.

6.1.2 Mine B

La mine B, présentant un gisement massif exploité par une méthode en vrac, offre une prime au rendement aux mineurs selon le même principe de base que la mine A, soit en fonction des tâches précises réalisées par les travailleurs. Le montant de la prime au rendement octroyé est basé sur les tâches suivantes:

- nombre de pieds de galerie de sous-niveau (selon la dimension);
- nombre de tonnes de parement;
- nombre de boulons installés;
- nombre de bandes métalliques installées;
- nombre de pieds de forage de production (longs trous);
- nombre de tonnes cassées;
- nombre de tonnes raclées;
- nombre d'hommes-postes réalisés (déduction sur la prime totale);
- ajustements selon la situation en chantier.

6.1.3 Mine C

Le système de rémunération au rendement adopté à la mine C est basé sur les objectifs de production de chacun des départements de la mine (production (minerai, stérile, grammes d'or), main-d'oeuvre (heures), sécurité). Le boni est fonction de l'effort collectif et constitue un pourcentage du salaire de base. Les taux offerts varient d'un département à l'autre de la façon suivante lorsque les objectifs de production sont atteints:

- personnel de production: 25%
- personnel des services: 15%
- personnel technique: 10%

Lorsque les objectifs sont dépassés, ces taux sont ajustés proportionnellement à la hausse. En fait, ce système a été instauré dans le but de favoriser la versatilité des travailleurs. Les contremaitres sont remplacés par des coordonnateurs des travaux et font partie intégrante d'une équipe de 5 ou 6 mineurs, qui sont tous responsables de l'efficacité de production conjointement avec le personnel technique et le personnel des services. Les travailleurs formant les équipes de travail sont classifiés selon leur expérience, leur habileté et leur variété de talent (souplesse, versatilité). La classification des mineurs est généralement la suivante:

- coordonnateur (chef d'équipe);
- travailleur de première classe;
- travailleur de deuxième classe;
- travailleur de troisième classe;
- débutant.

Chaque mineur est formé sur les méthodes d'abattage, les communications et la manipulation des équipements, afin d'éviter toute démarcation de tâche. Aux dires de cette entreprise, cette approche leur permet d'atteindre un niveau d'excellence aux points de vue sécurité et productivité.

Il est à noter qu'il existe également une prime collective de sécurité à cette mine; celle-ci est annulée lorsqu'un accident avec perte de temps survient durant le mois.

6.1.4 Mine D

La mine D utilise un système d'octroi de la prime au rendement basé sur la classification des mineurs, la quantité de travail réalisée et le nombre d'heures effectuées. Dans le but de bien cerner chacune des tâches, la direction de cette mine a créé 5 principaux types de feuilles de contrat, regroupant pour chacune d'elles les tâches suivantes:

-1: développement de cheminées, rampes et galeries (forage, écaillage, boulonnage, chargement);

-2: préposé à la cage et au treuil, travail d'entretien et travaux divers;

-3: déblayage (Cavo, Jarco scoop, Eimco 912 et 915, ...);

-4: forage de points de soutirage (vers le haut), forage fond de trou, forage long-trou;

-5: aide boute-feu, boute-feu, contremaître de relève, inspection des puits, transport des plates-formes à ciseau, pose de trémies.

De façon plus précise, la détermination des taux horaires de prime au rendement s'appuie sur le nombre de pieds d'avance (galeries, rampes, cheminées), le nombre de tonnes cassées lors du forage pour la descente de toit, le déblayage (pieds cubes, distance, qualité du terrain cassé), le forage de production (nombre de pieds forés en sus des standards, précision, alésage), la classe et la catégorie des mineurs (contrats de types 2 et 5 particulièrement), le nombre d'heures de contrat à taux de base et à taux fixe.

6.1.5 Mine E

A la mine E, tout comme à la mine A, le taux de prime au rendement est directement lié aux tâches effectivement exécutées par les mineurs affectés à chaque endroit de travail mais sur une base encore plus détaillée au niveau des travaux réalisés en chantier.

Les items considérés sont les suivants:

- nombre d'heures en "temps de compagnie";
- nombre d'heures en "temps de supervision";
- nombre d'heures en "temps d'exploitation";
- nombre de pieds forés (mois actuel (+) et mois passé (-));
- nombre de boulons installés (4, 5, 7 et 9 pieds) et grillage;
- nombre de poteaux installés;
- abattage du minerai (hauteur de la coupe, tonnage);
- déblayage du minerai (tonnage, distance de transport);
- nombre de tonnes de remblai hydraulique;
- nombre de tonnes de remblai pour plancher de béton;
- nombre de pieds de cheminée à minerai (construction);
- forage et sautage pour parement (tonnes);
- forage et sautage pour monteries (tonnes);
- forage et sautage pour galeries de sous-niveau (tonnes)
- nombre de pieds carrés de clôture A (avec boulons);
- nombre de pieds carrés de clôture B (sans boulons);
- nombre de pieds carrés de clôture G (avec billes);
- raclage simple (tonnage, distance de raclage);
- raclage double (tonnage, distance de raclage);
- support quadrillé (nombre).

A noter la prime au rendement octroyée pour le forage de production. Celle-ci est versée au cours de la période au cours de laquelle la tâche a été réalisée (mois actuel) pour être ensuite soustraite à la période suivante (mois passé). En somme, si l'équipe de travail dans un chantier ne change pas entre les

périodes, il n'y a pas de prime au rendement qui est allouée précisément pour le forage. Celle-ci est donc davantage fonction de la production (tonnes cassées), tel qu'observé lors des analyses antérieures (chapitres 3 et 5).

6.1.6 Mine F

La mine F présente à ses travailleurs une prime au rendement individuelle ou de groupe, selon les contrats. Il existe un système de classification des tâches selon les types de travaux réalisés. En général, la prime au rendement est fixe pour chaque poste de travail réalisé. Par contre, elle est variable et fonction de l'efficacité pour les travaux de développement et de production du minerai (forage, ...).

La classification utilisée des tâches principales est la suivante:

-1: forage des trous profonds;
-2: forage et déblayage de développement;
-3: déblayage de développement secondaire;
-4: chargement et sautage des trous profonds;
-5: déblayage de production;
-6: boisage.

Les taux de rémunération au rendement pour chacun de ces six types de contrat sont basés sur les items suivants:

type 1: nombre de pieds forés, travail spécial pour tubulures et nombre de postes de travail (déductible);

type 2: nombre de pieds d'avance, boulonnage, trous de vérification, trous de service, parement et nombre de postes de travail (déductible);

type 3: nombre de postes de travail, distance de transport et un facteur selon l'équipement utilisé;

type 4: nombre de postes de travail;

type 5: nombre de postes de travail, distance de transport et un facteur selon l'équipement utilisé;

type 6: nombre de postes de travail et niveau de classification.

A noter le faible nombre de facteurs guidant l'octroi de la prime au rendement à cette mine lorsque comparée aux autres entreprises déjà examinées.

6.1.7 Mine G

L'octroi de la prime au rendement à la mine G se fait sensiblement suivant le même principe qu'à la mine F, alors que certains types de travaux sont rémunérés selon l'efficacité au travail tandis que d'autres sont reliés au nombre d'heures de travail. La classification utilisée à cette mine pour la répartition du boni est la suivante:

- heures de type R: boni horaire variable selon la tâche effectuée (forage, boulonnage, grillage, ...);
- heures de type S: boni horaire variable selon la tâche réalisée (boni spécial selon les conditions de travail);
- heures de type A: boni horaire fixe (services);
- heures de type B: boni horaire fixe (services);

- heures de type C: boni horaire fixe (services);
- heures de type D: boni horaire fixe (construction).

A noter que les heures de contrat de types A, B et C correspondent à des travaux de services hors-contrats qui sont rémunérés à différents taux selon la qualification des mineurs et la complexité de la tâche effectuée.

6.2 Discussion sur l'octroi des primes au rendement

Les sous-sections précédentes permettent de réaliser que, parmi les sept mines à l'étude, une seule préconise un système d'octroi de la prime au rendement basé sur le rendement global de l'entreprise. Les six autres mines utilisent une rémunération selon la tâche précise réalisée par un travailleur ou par un groupe de travailleurs affectés à un chantier de production.

En fait, les mines A et E, en opération depuis plusieurs années, présentent des systèmes de rémunération au rendement relativement complexes mais complets qui tiennent compte de plusieurs facteurs de la production. Ces deux mines, considérées comme peu mécanisées, utilisent donc ce mode de rémunération dans le but de motiver les travailleurs à accroître leur effort au travail et, par le fait même, leur productivité. Il en est quelque peu de même à la mine B.

Les mines D, F et G, davantage mécanisées et exploitant des gisements par des méthodes en vrac, utilisent davantage un mode de rémunération au rendement axé surtout sur le nombre d'heures travaillées, en plus d'une rémunération selon la tâche effectivement réalisée pour certains types de travaux. Ceci est possible, étant donné la plus grande facilité de contrôle dans ces mines où le nombre de chantiers en opération est beaucoup plus faible que dans les mines A et E.

La mine C, considérée comme la plus mécanisée, offre une prime au rendement collective avec divers taux selon les départements et le niveau de production obtenu par rapport aux objectifs visés, en plus d'une prime de sécurité. Cette approche est possible en remplaçant la tâche de contremaître par celle de coordonnateurs intégrés à chaque équipe de 5 ou 6 mineurs. Ceci permet d'atteindre de hauts niveaux de satisfaction parmi les travailleurs, en plus d'une productivité et d'une sécurité très intéressantes, selon l'entreprise en question au moment du relevé. D'ailleurs, les résultats obtenus à cette mine aux chapitres 3 et 5 permettent de corroborer cette conclusion. Par contre, on réalise depuis ce temps que l'absence de contremaîtres s'est révélée mauvaise dans le temps. Le côté prévention des accidents s'est quelque peu dégradé tandis que le coordonnateur tend à s'assimiler aux travailleurs et à agir comme tel plutôt que comme représentant de la direction.

Quelques mines ont intégré une prime de sécurité qui est versée mensuellement lorsqu'aucun accident avec perte de temps n'est survenu au cours de cette période. Ceci constitue une approche intéressante pour sensibiliser les mineurs à ce sujet. Par contre, il peut arriver dans ces conditions que certains travailleurs évitent de rapporter des accidents mineurs, afin d'éviter de pénaliser leurs confrères. Egalement, on ne tient aucunement compte des "presque accidents" (near-miss) qui surviennent sans causer de blessures, mais qui auraient pu être dramatiques dans d'autres circonstances.

Etant donné ces derniers points, il serait certainement souhaitable d'examiner la possibilité de créer une prime portant sur les habitudes de travail sécuritaires des mineurs. Ceci nécessiterait une participation et une coopération étroite entre la direction de la mine, les superviseurs (contremaîtres, coordonnateurs) et les travailleurs pour rapporter toutes les méthodes de travail jugées inadéquates et qui pourraient causer des préjudices à l'employé concerné ou à des confrères de travail. Une telle approche exigerait une formation complète de tous les travailleurs de la mine et chacun devrait être intéressé, pour des raisons monétaires et humaines, à transmettre ses connaissances pour éliminer le plus possible les conditions ou méthodes de travail à risques plus ou moins grands.

Note: Il est difficile de justifier l'abandon d'un comportement non sécuritaire qui ne cause pas préjudice à un collègue.

De plus, comme dans le cas des vibrations (foreuses), il faut d'abord définir précisément ce qu'est un comportement à risque et la technique recommandée, sa justification, avant de vouloir l'implanter dans le milieu de travail. Ceci n'est pas toujours disponible pour le moment, de sorte qu'il est difficile de définir des standards crédibles.

CONCLUSION

Tel que constaté lors de cette étude, l'établissement d'un standard d'évaluation de la productivité pour l'ensemble de l'industrie minière constitue une tâche difficile à réaliser pour diverses raisons:

i) les méthodes d'exploitation utilisées diffèrent d'un endroit à l'autre;

ii) les informations disponibles à la compilation sont différentes;

iii) les politiques internes de cueillette et de compilation des informations divergent considérablement, même pour des conditions similaires d'exploitation.

C'est pourquoi il a été préférable de créer des modèles d'estimation de la production pour chaque mine et méthode d'abattage afin de permettre d'évaluer le niveau de productivité des travailleurs (comparaison entre les valeurs mesurées et estimées).

Il fut tout de même possible d'obtenir une série de facteurs relativement intéressants basés sur les relevés en chantier qui concernent la production et l'octroi de la prime au rendement. Ces facteurs sont illustrés dans le tableau de la page suivante.

MINE	METHODE	Tonnes par homme-poste	Facteur poudre (livres/ tonne)	Tonne par pied de forage	Boulon (poteaux) par tonne	Boni par tonne	Boni par homme-poste
A	Chambres et piliers	13.0	2.16	0.24	0.11	1.16	$ 15.10
	Chambres remblayées	13.5	1.28	0.42	0.17	1.07	$ 14.50
	Chambres magasins	44.3	0.46	1.00	0.003 (0.02)	0.38	$ 16.95
B	Trous profonds (vrac)	65.4	n.d.	1.04	0.03	0.66	$ 43.49
C	Méthodes regroupées (vrac)	n.d.	1.36	0.37	0.02	n.d.	n.d.
D	Trous profonds (vrac)	n.d.	0.74	n.d.	n.d.	n.d.	$ 17.57
E	Chambres remblayées	12.90	1.1	0.42	0.28	2.19	$ 23.2
	Chambres magasins	19.69	1.30	0.54	0.22	1.48	$ 26.5
	Récupération de piliers	8.43	1.2	0.50	0.03	3.80	$ 34.0
F	Longs trous	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	$ 80.0 $ 30.0*
G	Sous-niveaux retraités	40.75	1.00	8.96	0.057	0.80	$ 25.0

n.d.: non-disponible

*: moyenne pour la mine

Ce tableau permet de noter que les mines A et E présentent des résultats très similaires de production. La différence principale de rendement en chambres-magasins provient de la limite de largeur à 7 pieds à la mine E, ce qui réduit considérablement le rendement par rapport aux chantiers plus larges de la mine A et augmente le facteur poudre. Par ailleurs, l'intensité de boulonnage à la mine E semble très supérieure à celle des autres entreprises.

Cependant, les taux de rémunération au rendement par homme-poste diffèrent considérablement (55 à 60% plus élevés à la mine E qu'à la mine A). D'ailleurs, l'examen détaillé de ce dernier facteur pour l'ensemble des mines indique clairement que le niveau d'octroi de la prime au rendement est lié à la localisation de la mine, soit son niveau d'éloignement des grands centres urbains, dans le but de faciliter le recrutement de nouveau personnel compétent et expérimenté, et de minimiser le taux de roulement des employés.

En somme, il semble ressortir de cette étude les points suivants quant à l'octroi de la prime au rendement:

- les taux horaires moyens de prime au rendement des travailleurs de production diffèrent d'une mine à l'autre et sont ajustés en fonction de la localisation de la mine;

- l'octroi d'une prime au rendement incite les travailleurs affectés à la production à rencontrer certains standards, ce qui leur permet d'obtenir un accroissement de leurs revenus

de base. De plus, les standards sont rarement surpassés par les mineurs;

- suite à ces deux résultats, il apparaît que l'octroi de la prime au rendement permet d'obtenir une production relativement constante dans le temps, alors que les mineurs visent certains standards, sans plus. L'abolition d'un tel mode de rémunération aurait sans doute pour effet d'abaisser le niveau de production sous ces standards, si elle n'était pas accompagnée d'un contrôle plus serré au niveau de la supervision, ce qui peut être relativement complexe dans les mines nécessitant plusieurs chantiers pour obtenir le niveau de production désiré. D'ailleurs, la mine C propose une approche à ce problème en intégrant un coordonnateur à chaque équipe de travail, mais en offrant tout de même une prime de production, afin d'inciter les mineurs à atteindre les standards désirés;

- certaines mines incluent une prime de sécurité, basée sur l'absence d'accidents avec perte de temps à chaque période de travail. Il serait intéressant d'étudier la possibilité de modifier cette approche ou d'intégrer une nouvelle prime basée sur les habitudes sécuritaires de travail des mineurs, ce qui permettrait d'assurer un type de formation et d'information continu, autant par les superviseurs (contremaîtres) que par les confrères de travail plus expérimentés.

Autres analyses portant sur 2 ou 3 variables à la fois

Les conclusions présentées ci-après portent sur les sept mines prises globalement, car toutes ces conclusions devraient être considérées comme potentiellement valables pour l'ensemble de l'industrie minière. (Un astérisque (*) indique une conclusion importante).

* -le niveau moyen de productivité (tonnes par homme-poste) est similaire pour les méthodes d'abattage par chambres et piliers et par chambres remblayées. Ceci est dû au fait que le temps utilisé au remblaiement pour la seconde méthode est employé pour effectuer le surplus de forage de la première méthode (à la mine A, chambres et piliers: 0.24 tonne par pied de forage, et chambres remblayées: 0.42 tonne par pied de forage);

* -le niveau moyen de productivité est affecté à la baisse (environ 50%) dans le cas de moins bonnes conditions de terrain, ce qui peut représenter un facteur important à considérer lors de l'évaluation économique de certains secteurs d'une mine, en plus de considérer un potentiel supérieur de dilution du minerai;

** -le fait de retrouver un plus grand nombre de mineurs affectés à un même chantier au cours d'une période mensuelle de travail est associé à une diminution moyenne

de la productivité (tonnes par homme-poste). Ceci est dû aux tâches connexes à la production qui sont réalisées par les mineurs additionnels. Par contre, il est essentiel de minimiser les déplacements fréquents et temporaires des mineurs d'un chantier à l'autre afin d'éliminer les périodes d'initiation à un nouveau milieu de travail;

* -étant donné les fréquents écarts existant au niveau du forage de production pour fragmenter le minerai, on devrait élaborer une standardisation des patrons de forage pour chaque méthode de travail, d'autant plus que les pieds de forage supplémentaires sont chargés d'explosifs et ont pour effet d'affecter la stabilité des épontes lors des sautages;

** -l'utilisation de plates-formes de forage a pour effet de réduire l'efficacité du forage (temps effectif de forage) de l'ordre de 50%, dû au manque de stabilité de ces installations. Il serait certainement souhaitable d'évaluer la possibilité de modifier ou d'améliorer cette technique de travail;

* -la foreuse sur béquille de marque Gardner Denver semble offrir une meilleure efficacité de travail, en terme de pieds forés par heure d'utilisation;

** -de façon générale, le boulonnage est fait sur une base systématique, plutôt que basé sur les nécessités reliées aux conditions de terrain. Pour des raisons économiques, il serait intéressant d'étudier la possibilité d'effectuer du boulonnage suivant les conditions réelles de stabilité du terrain qui varient souvent d'un secteur à l'autre d'une mine;

-malgré le fait que l'utilisation d'un puits interne pour accéder à la minéralisation en profondeur soit un facteur sur lequel il n'existe que peu de contrôle, il est important, lors des évaluations économiques, d'y associer une perte de productivité (tonnes par homme-poste) de l'ordre de 15% à 33%, souvent due aux temps d'attente et de délais additionnels de transport du matériel, ainsi qu'à la double manipulation du minerai lors du hissage;

*** -de façon générale, les résultats semblent indiquer que les mineurs qui obtiennent le plus haut niveau de productivité (tonnes par homme-poste) sont également ceux qui ancrent le plus de boulons et qui obtiennent le plus de prime au rendement. Ceci semble souligner que les mineurs les plus productifs sont mieux organisés dans leur travail de base, ce qui leur permet d'effectuer davantage de tâches connexes, telles que le boulonnage, et d'accroître ainsi leurs primes au rendement. Aussi, une hypothèse peut être formulée à ce moment pour tenter

d'expliquer la relation existant entre la prime au rendement et la fréquence d'accidents pour les travailleurs affectés à la production (7,8): les travailleurs très habiles réussissent à s'acquitter rapidement de leurs tâches de production (tâches de base), ce qui leur permet d'effectuer une série de tâches connexes, qui peuvent les rendre plus susceptibles de subir des accidents. Cette hypothèse ne peut évidemment pas être vérifiée à partir des informations disponibles;

-certaines mines semblent offrir une prime au rendement croissante en fonction du nombre de pieds forés par homme-poste (voir fig. B.12). Cette approche est susceptible d'influencer la qualité de l'alignement des trous de forage, ce qui peut résulter en une dilution accrue, la formation de gros blocs lors du sautage et/ou une instabilité des parois;

-l'ensemble des résultats indique que pour une méthode d'abattage donnée, les dimensions d'un chantier (largeur ou épaisseur et longueur) influencent quelque peu le niveau de productivité en chantier: les chantiers étroits sont moins productifs en raison de l'espace de travail restreint alors que les chantiers trop larges sont accompagnés de problèmes de soutènement, ce qui affecte à la baisse la productivité.

-la distribution aux mineurs d'une partie des revenus à travers le système de rémunération au rendement (mine C) semble amener une certaine stabilité au sein des dépenses en chantier (élimination du gaspillage). Les informations disponibles ne permettent cependant pas d'analyser ce phénomène pour les autres mines;

-l'utilisation occasionnelle d'explosifs plus résistants à l'eau, et donc plus denses et plus dispendieux, dans certains secteurs d'une mine est souvent associée avec un facteur poudre à la hausse, ce qui peut avoir pour effet d'ébranler la structure de la mine et causer du bris hors profil (dilution);

** -la formation et l'expérience des mineurs sont ressorties comme des facteurs importants de productivité. Il est apparu que les travailleurs affectés occasionnellement à certaines tâches inhabituelles sont relativement peu productifs, tout comme les mineurs sans expérience;

-un retour au tableau présenté au début de la conclusion permet de constater que la densité de boulonnage constitue une politique interne à chaque mine. Les mines A et E, qui présentent des conditions similaires d'exploitation, montrent respectivement des valeurs moyennes de 0.14 et 0.25 boulon installé par tonne de minerai cassé.

-il apparaît, à partir des données de mines relativement récentes, que plusieurs ajustements doivent être apportés aux travaux de chantier et de production (patron de forage, type de boulonnage, mode de soutènement, équipements de transports...) après une certaine période de rodage. Ceci est souvent dû à une sélection trop hâtive des méthodes de travail et des équipements, afin de minimiser les délais de mise en production au début de la vie de la mine;

-une idée globale qui pourrait ressortir, particulièrement pour les gisements qui doivent être exploités suivant une méthode sélective, serait la suivante: utiliser une méthode d'exploitation sélective avec "minage en continu"; par minage en continu, on doit comprendre la création d'une méthode de minage qui favoriserait la réalisation des diverses tâches séquentielles de production sur différents niveaux. Ainsi, on retrouverait des spécialistes en forage, des spécialistes en écaillage et boulonnage, des spécialistes en sautage, des spécialistes en déblaiement, etc. En somme, il faudrait tendre à favoriser la formation des spécialistes dans toutes les tâches individuellement, ce qui devrait permettre d'atteindre un niveau de rendement et d'efficacité optimal.

Evidemment, une telle approche nécessiterait une tâche accrue au niveau de la planification afin de prévoir une cédule et une répartition des tâches adéquates pour une utilisation optimale de la main-d'oeuvre.

Analyses de régression multiple

L'ensemble des modèles d'estimation de la production et de la prime au rendement inclus dans le rapport peut être utilisé dans le but de faciliter la planification minière en estimant les diverses tâches qui pourraient être réalisées au cours d'une période de travail.

De plus, lorsque les modèles d'estimation de la production contiennent des variables quantitatives pour lesquelles on peut associer un coût (exemple: coût d'un boulon), il est possible de créer un modèle d'optimisation de la sélection de ces variables dans le but de minimiser les coûts pour ces variables par tonne de minerai cassé.

Cette méthode de travail a pu être appliquée sur deux modèles d'estimation (mines C et D) et a fait l'objet d'une présentation au congrès annuel de l'ICM à Québec en 1989 (1) et d'une thèse de doctorat (2).

Le premier logiciel (mine D) vise à sélectionner les quantités d'explosifs de type ANFO et TOVEX suivant une série de contraintes

d'exploitation dans le but d'en minimiser les coûts par tonne. Le second logiciel (mine C) sert à désigner le nombre de boulons, de barres d'ancrage et la surface couverte par le grillage pour la méthode d'abattage par chambres remblayées et piliers dans le but, encore une fois, de minimiser les coûts par tonne de ces facteurs.

RECOMMANDATIONS

Suite aux résultats obtenus dans cette étude, il apparaît que diverses études complémentaires pourraient être réalisées pour pousser l'investigation plus à fond et cerner certains points critiques au point de vue économique.

1. COURBES D'APPRENTISSAGE

Premièrement, il faudrait prévoir l'établissement d'un guide d'utilisation des courbes d'apprentissage ("learning curves"). Cette théorie veut qu'à chaque fois que la production double, le temps requis pour produire une nouvelle tonne de minerai cassé doit décroître à un taux constant, appelé facteur d'apprentissage. On pourrait éventuellement intégrer cette approche dans le calcul du boni ou pour déterminer l'évolution de chaque chantier dans le temps en évaluant le taux de variation, par exemple, de la moyenne cumulative du nombre de tonnes cassées par homme-poste (axe Y) en fonction du nombre de tonnes cassées sur une base cumulative (axe X).

2. ABSENTEISME - ACCIDENTS DE TRAVAIL

Il faudrait aussi déterminer s'il existe une relation entre l'absentéisme et le nombre d'accidents. En effet, la non-familiarité des lieux de travail peut affecter la sécurité des travailleurs dans trois cas différents:

i) un mineur qui revient suite à une absence prolongée;

ii) un mineur qui en remplace un autre absent dans une équipe;

iii) deux mineurs substituts qui travaillent de pair.

Il peut sembler de prime abord, que le non-familiarité des lieux puisse mener à des situations potentiellement dangereuses, surtout si le niveau de productivité doit rester le même. C'est pourquoi il faudrait évaluer la possibilité d'intégrer un facteur tenant compte de l'absentéisme dans l'octroi du boni, pour tenter d'éliminer la baisse potentielle de productivité et la hausse du nombre d'accidents associées à ce facteur.

3. PROCEDURES DE BOULONNAGE - CONDITIONS DE TERRAIN

Chaque mine participante devrait lire et appliquer les recommandations du Guide du Boulonnage (réf. 14).

4. EFFETS DE LA DEVIATION DES TROUS DE FORAGE

Il faudrait aussi évaluer l'influence de la déviation des trous de forage de production sur la stabilité du terrain, l'économie des opérations, l'augmentation du facteur poudre et le degré de fragmentation obtenu.

5. ANALYSE DE REGRESSION MULTIPLE

L'ensemble de l'industrie minière devrait être plus sensibilisée à l'outil de travail statistique qu'est l'analyse de régression multiple et évaluer les possibilités d'applications. Il faut souligner qu'il existe un logiciel d'analyse de régression multiple, REG.EXE disponible au département de mines et métallurgie de l'Université Laval, qui est spécialement adapté pour fonctionner sur IBM-PC ou compatibles.

6. EQUIPEMENTS MINIERS; CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Relativement peu d'informations sur les équipements de production ont pu être obtenues lors des relevés effectués dans les mines, que ce soit sur les caractéristiques techniques de ces équipements ou sur leurs lieux d'utilisation. Il serait sûrement souhaitable qu'un effort soit apporté du côté de l'industrie minière afin de corriger cette lacune. De plus, il faudrait standardiser le plus possible l'information recueillie par l'industrie minière sur ses opérations.

7. FORMATION CONTINUE DES MINEURS

La formation des mineurs est ressortie comme un facteur important de productivité. Les mineurs affectés à des tâches inhabituelles sont peu productifs. Il faudrait donc favoriser la formation

continue dans l'industrie minière tant sur le plan théorique que sur le plan pratique.

REMERCIEMENTS

Ce travail a pu être accompli grâce à l'Association minière du Québec Inc. (AMQ) et ses mines membres qui ont endossé les buts de cette recherche et qui ont permis l'accès aux données de base au personnel de l'Université Laval. Egalement, l'Université Laval a supporté la compilation informatisée du travail et son traitement sur ordinateur.

Finalement, les contributions financières conjointes de l'Association minière du Québec Inc., du Centre de Recherches minérales du Ministère de l'Energie et des Ressources Québec et du Ministère Energie, Mines et Ressources Canada à travers le secteur de la Politique Minérale et les Laboratoires de recherche minière de CANMET ont permis la réalisation de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

1. LAFLAMME, M. et COLLINS, J.L. (1989): Sélection Optimale des Quantités d'Explosifs Basée sur des Contraintes de Production et un Résultat d'Analyse de Régression Multiple. 91ième congrès annuel de l'Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie, Québec. Mai.

2. LAFLAMME, M. (1989): Optimisation de Certains Facteurs de Production en Exploitation Minière Souterraine. Thèse de doctorat déposée au Département de Mines et Métallurgie de l'Université Laval. Décembre.

3. LAFLAMME, M. et COLLINS, J.L. (1988): Multiple Regression Analysis vs Expert System for the Study of the Relationship between Mine productivity and Other Significant Variables such as Bonus. Computer Applications in the Mineral Industry - First Canadian Conference. Editeurs K. Fytas, J.L. Collins et R.K. Singhal. Publié par A.A. Balkema, Hollande, Rotterdam, 1988. Même article présenté au 90ième congrès de ICM, Edmonton, 8-12 mai, 1988 (article numéro 98) et soumis à l'AMQ, EMR, CRM et les sept mines participantes en décembre 1987.

4. BURKETT, K. et al (1980): Towards safe production. Rapport de la Commission conjointe d'enquête fédérale-provinciale sur la sécurité dans les mines et les ateliers miniers en Ontario. Avril.

5. BEAUDRY, R et al (1981-1982): La sécurité dans les mines souterraines. 3 volumes. Aussi connu comme la Commission Belmoral.

6. FISHER, J.H. (1983): The relationship between small crew incentives and other factors and accident rates in Ontario mines. final report. Juin. Peter Moon and Associates.

7. CHOUINARD, J.L. et BILLETTE, N. (1984): Bonus-accidents: is there a link? 86ième congrès annuel de l'Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie, Ottawa. Avril.

8. BILLETTE, N. et LAFLAMME, M. (1986): Influence of bonus, age, and experience on Québec underground accidents. 88ième congrès annuel de l'Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie, Montréal. Mai.

9. LAFLAMME, M. (1986): Etudes sur les liens présumés entre prime au rendement et productivité ainsi qu'entre prime au rendement et accidents du travail dans les mines souterraines du Québec. Rapport présenté à Energie, Mines et Ressources Canada, au Centre de Recherches minérales du Québec et à l'Association des mines de métaux du Québec. Juillet.

10. BILLETTE, N.R. et LAFLAMME, M. (1987): Influence of various parameters on underground accidents: a multifactorial approach in Québec mines. 89ième congrès annuel de l'Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie, Toronto. Mai.

11. NORUSIS, M.J. (1985): SPSS^x: Advanced Statistics Guide. McGraw-Hill Book Company, SPSS Inc., Chicago, U.S.A., pp. 10-71.

12. NORUSIS, M.J. (1985): SPSS^x: User's Guide. McGraw-Hill Book Company, SPSS Inc. Chicago, U.S.A., pp. 662-686.

13. NILSSON, D.S. (1987): Underground mining productivity. Mining Magazine pp. 539-547, June.

14. CHOQUET, P. (1987): Guide d'Utilisation du Boulonnage, Centre de Recherches minérales - Service de la Technologie minière, 155 pages, ISBN 2-551-06756.